



Esta obra está bajo una [Licencia  
Creative Commons Atribución-  
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**SEGUNDO CICLO DE SELECCIÓN MASAL ESTRATIFICADA A  
PARTIR DE DOS ACCESIONES PROMISORIAS DE SACHA INCHI  
(*Plukenetia volubilis* L.) EN RELACIÓN AL RENDIMIENTO Y  
TOLERANCIA AL NEMÁTODO DEL NUDO (*Meloidogyne incognita*)  
EN LA REGIÓN SAN MARTÍN**

**Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo**

**AUTOR:**

**Bach. John Anthony Reátegui Sepúlveda**

**ASESOR:**

**Ing. María Emília Ruíz Sánchez**

**Tarapoto – Perú**

**2016**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**SEGUNDO CICLO DE SELECCIÓN MASAL ESTRATIFICADA A  
PARTIR DE DOS ACCESIONES PROMISORIAS DE SACHA INCHI  
(*Plukenetia volubilis* L.) EN RELACIÓN AL RENDIMIENTO Y  
TOLERANCIA AL NEMÁTODO DEL NUDO (*Meloidogyne incognita*)  
EN LA REGIÓN SAN MARTÍN**

**Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo**

**AUTOR:**

**Bach. John Anthony Reátegui Sepúlveda**

**Sustentado y aprobado ante el honorable jurado el día 19 de diciembre de 2016**

Ing. Dr. Jaime Walter ALVARADO RAMÍREZ  
Presidente

Ing. M. Sc. Segundo D. MALDONADO VÁSQUEZ  
Secretario

Ing. M. Sc. Guillermo VÁSQUEZ RAMÍREZ  
Miembro

Ing. María Emilia RUÍZ SÁNCHEZ  
Asesor

## Declaración de Autenticidad

Yo, JOHN ANTHONY REÁTEGUI SEPÚLVEDA, egresado(a) de la Facultad de CIENCIAS AGRARIAS de la Escuela Profesional de AGRONOMÍA, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, identificado con DNI N° 71721821, Domiciliado en: Jr. José Olaya N° 448 – Morales – San Martín, con la tesis titulada: “SEGUNDO CICLO DE SELECCIÓN MASAL ESTRATIFICADA A PARTIR DE DOS ACCESIONES PROMISORIAS DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) EN RELACIÓN AL RENDIMIENTO Y TOLERANCIA AL NEMÁTODO DEL NUDO (*Meloidogyne incognita*) EN LA REGIÓN SAN MARTÍN”.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 19 de Diciembre del 2016

JOHN ANTHONY REÁTEGUI SEPÚLVEDA  
DNI N° 71721821





**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres:	REATEGUI SEPULVEDA JOHN ANTHONY I		
Código de alumno :	091160	Teléfono:	940052861
Correo electrónico :	john.reategui.25@gmail.com	DNI:	71721821

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de:	Ciencias Agrarias
Escuela Profesional de:	AGRONOMIA

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

**4. Datos de trabajo de investigación**

Título:	SEGUNDO CICLO DE SELECCIÓN MASAL ESTRATIFICADA A PARTIR DE DOS ACCESIONES PROMISORIAS DE SACHA INCHI (Plukenetia volubilis L.) EN RELACIÓN AL RENDIMIENTO Y TOLERANCIA AL NEMATODO DEL NUDO (Meloidogyne incognita) EN LA REGIÓN SAN MARTÍN.
Año de publicación:	2016

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indiquen el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el Título Profesional o Grado Académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el Inciso 12.2, del Artículo 12° del Reglamento Nacional de Trabajos de Investigaciones para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales –RENATI **“Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA”.**


  
.....  
Firma del Autor

## 8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM-T.

Fecha de recepción del documento:

31 / 12 / 2018



  
.....  
Firma del Responsable de Repositorio  
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso  
Abierto de la UNSM-T.

**\*Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**\*\*Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## **Dedicatoria**

Eterna gratitud a mis queridos padres Ángel Reátegui Reyna y Amalia Sepúlveda Chiquilín, por haberme apoyado incondicionalmente en todo momento, siempre me inculcan lo bueno de la vida, quienes hicieron posible mi formación profesional, ya que sin sus esfuerzos no habría podido lograr esta meta.

A mis familiares, compañeros y docentes de la UNSM – Tarapoto, al personal que labora en el IIAP – SM, por la enseñanza y motivación brindada en cada tramo de mi vida.

## Agradecimiento

- A Dios, por darme fuerza y sabiduría para enfrentar obstáculos y seguir adelante aun en los momentos más difíciles.
- Al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – San Martín (IIAP–SM), en especial al área de Probosques, Laboratorio de Fitopatología, por brindarme la oportunidad de realizar la tesis de pregrado. Financiado por el proyecto con contrato N° 164 – FINCyT – IA – 2013: Generación de tecnologías para el control integrado del nemátodo del nudo (*Meloidogyne incognita*) de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la Región San Martín.
- A la Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de San Martín -Tarapoto por darnos a todos los estudiantes la oportunidad de formarnos como profesionales de vanguardia, al lado de excelentes docentes.
- Al Ing. Kadir John Márquez Dávila; jefe del laboratorio de fitopatología e investigador del (IIAP-SM), por el asesoramiento de este trabajo de investigación, gracias por compartir sus conocimientos, tiempo, dedicación y amistad para poder lograr el cumplimiento de este objetivo.
- A la Ing. María Emilia Ruíz Sánchez, por el apoyo brindado durante la ejecución y asesoramiento de la tesis.
- Al Biol. Reynaldo Solís Leyva, por su valiosa colaboración en el desarrollo y elaboración de este trabajo de investigación y por brindarme siempre su apoyo y amistad.



## Índice general

	<b>Página</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>vi</b>
<b>Agradecimiento</b>	<b>vii</b>
<b>Resumen</b>	<b>xvii</b>
<b>Abstract</b>	<b>xviii</b>
 <b>INTRODUCCIÓN</b>	 <b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>3</b>
1.1. Antecedente de estudios de investigación sobre Selección Masal Estratificada	3
1.2. Métodos de mejoramiento genético de plantas alógamas	4
1.2.1. Selección masal.	5
1.2.1. Selección masal visual estratificada.	9
1.3. Antecedentes de estudios de investigación sobre tolerancia al nemátodo del nudo ( <i>Meloidogyne incognita</i> )	9
1.4. Nemátodos fitoparásitos de plantas	11
1.4.1. Características generales	11
1.4.2. Factores del suelo que afectan a los nemátodos	12
1.4.3. Síntomas generales y daños que causan en las plantas	14
1.4.4. Técnicas de muestreo para nemátodos fitoparásitos	16
1.4.5. Métodos para extraer nemátodos de muestras de suelo y de tejido vegetal	16
1.4.6. <i>Meloidogyne incognita</i>	17
 <b>CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS</b>	 <b>19</b>
2.1. Tipo y nivel de investigación	19
2.2. Diseño de investigación	19
2.3. Población y muestra	20
2.4. Materiales:	20
2.5. Metodología	21
2.5.1. Tratamiento en estudio	21
2.5.2. Distribución del estudio	22
2.5.3. Determinación de la selección negativa y el rendimiento	24
2.5.4. Ensayo de tolerancia al nemátodo del nudo	25

2.5.5. Ubicación del experimento	25
2.5.6. Ejecución del experimento	27
2.5.7. Determinación de la fenología del sachá inchi	32
2.5.8. Selección de poblaciones mejoradas de sachá inchi por rendimiento	33
2.5.9. Ensayos de tolerancia al nemátodo del nudo	37
 <b>CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	 42
3.1 Resultados	42
3.2 Discusión	64
 <b>CONCLUSIONES</b>	 71
<b>RECOMENDACIONES</b>	72
<b>REFERERNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	73
<b>ANEXOS</b>	78

## Índice de tablas

	<b>Página</b>
Tabla 1: Análisis de Varianza en un DCA – Accesión Shica.....	19
Tabla 2: Análisis de Varianza en un DCA – Accesión Mishquiyacu.....	20
Tabla 3: Plantas seleccionadas en el primer ciclo basado en el rendimiento y tolerancia a nemátodos .....	21
Tabla 4: Características agronómicas sobresalientes de las dos accesiones en estudio durante el primer ciclo de selección masal estratificada.....	22
Tabla 5: Escala para determinar el vigor de las plantas de sachá inchi en Lamas.....	24
Tabla 6: Grado de correlación (Coeficiente de Pearson).....	25
Tabla 7: Número de plantas adaptadas en la Accesión Shica .....	42
Tabla 8: Número de plantas adaptadas en la Accesión Mishquiyacu .....	42
Tabla 9: Plantas muertas por selección negativa (ISN: 10 % ).....	44
Tabla 10: Fenología evaluada en el segundo ciclo de selección masal visual estratificada en las Accesiones Shica y Mishquiyacu .....	44
Tabla 11: Plantas seleccionadas por rendimiento en el segundo ciclo de selección masal estratificada de la Accesión Shica .....	52
Tabla 12: Correlaciones entre el rendimiento y el resto de variables cuantitativas en el segundo ciclo de selección masal estratificada de la Accesión Shica empleando el coeficiente de Pearson .....	52
Tabla 13: Plantas seleccionadas por rendimiento en el segundo ciclo de selección masal estratificada de la Accesión Mishquiyacu .....	58
Tabla 14: Correlaciones entre el rendimiento y el resto de variables cuantitativas en el segundo ciclo de selección masal estratificada de la Accesión Mishquiyacu empleando el coeficiente de Pearson .....	59
Tabla 15: Análisis de varianza para la variable número de nódulos obtenidas en las plantas seleccionadas por rendimiento en el segundo ciclo de selección masal para la Accesión Shica .....	60
Tabla 16: Análisis de varianza para la variable longitud de raíces obtenidas en las plantas seleccionadas por rendimiento en el segundo ciclo de selección masal para la Accesión Shica .....	61
Tabla 17: Análisis de varianza para la variable número de nódulos obtenidas en las plantas seleccionadas por rendimiento en el segundo ciclo de selección	

	masal para la Accesión Mishquiyacu .....	62
Tabla 18:	Análisis de varianza para la variable longitud de raíces obtenidas en las plantas seleccionadas por rendimiento en el segundo ciclo de selección	
	masal para la Accesión Mishquiyacu .....	63



## Índice de figuras

	<b>Página</b>
Figura 1: Representación de selección Masal Estratificada en sachá inchi .....	9
Figura 2: Muestreo del suelo que permiten diagnosticar la presencia de nemátodos .....	16
Figura 3: Croquis de las parcelas experimentales ubicadas en Lamas .....	23
Figura 4: Análisis de caracterización – suelos en la Accesión Shica.....	26
Figura 5: Análisis de caracterización – suelos en la Accesión Mishquiyacu .....	27
Figura 6: Accesión Shica.....	28
Figura 7: Accesión Mishquiyacu .....	28
Figura 8: Preparación del terreno.....	28
Figura 9: Parcela cultivada .....	28
Figura 10: Traslado de los postes .....	29
Figura 11: Prendimiento de los postes .....	29
Figura 12: Poseo para la siembra .....	30
Figura 13: Siembra en campo definitivo .....	30
Figura 14: Poda y guiado de plantas de sachá inchi .....	31
Figura 15: Limpieza de malezas .....	31
Figura 16: Número de cápsulas por planta .....	33
Figura 17: Peso de cápsulas por planta .....	33
Figura 18: Diámetro de cápsulas .....	34
Figura 19: Número de semillas por cápsulas .....	34
Figura 20: Peso de semillas .....	35
Figura 21: Peso de cáscara .....	35
Figura 22: Diámetro de semillas .....	35
Figura 23: Peso de 100 semillas .....	36
Figura 24: Rendimiento de semillas por planta.....	36
Figura 25: Rendimiento de semillas por hectárea .....	37
Figura 26: Propagación botánica en el cultivo de sachá inchi. ....	38
Figura 27: Obtención del inóculo ( <i>Meloidogyne incognita</i> ). ....	39
Figura 28: Infestación de plantas con <i>Meloidogyne incognita</i> .....	40
Figura 29: Cuantificación de nódulos y medición de raíces .....	41
Figura 30: Evaluación de vigorosidad en porcentaje (Accesión Shica).....	43
Figura 31: Evaluación de vigorosidad en porcentaje (Accesión Mishquiyacu).....	43

Figura 32: Desarrollo fenológico de la accesión Shica bajo las condiciones edafoclimáticas en la provincia de Lamas .....	45
Figura 33: Desarrollo fenológico de la accesión Mishquiyacu bajo las condiciones edafoclimáticas en la provincia de Lamas .....	46
Figura 34: Valores máximos, mínimos y promedios en el indicador número de cápsulas por planta sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica .....	47
Figura 35: Valores máximos, mínimos y promedios en el indicador peso de cápsulas por planta sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica .....	47
Figura 36: Valores máximos, mínimos y promedios en el indicador diámetro de cápsulas sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica .....	48
Figura 37: Valores máximos, mínimos y promedios en el indicador número de semillas por cápsulas sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica .....	48
Figura 38: Valores máximos, mínimos y promedios en el indicador peso de semillas sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica .....	49
Figura 39: Valores máximos, mínimos y promedios en el indicador peso de cáscara sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica .....	49
Figura 40: Valores máximos, mínimos y promedios en el indicador diámetro de semillas sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica .....	50
Figura 41: Valores máximos, mínimos y promedios en el indicador peso de 100 semillas sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica .....	50
Figura 42: Valores máximos, mínimos y promedios en el indicador rendimiento de semillas por planta sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica .....	51
Figura 43: Valores máximos, mínimos y promedios en el indicador rendimiento de semillas por hectarea sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica .....	51

Figura 44: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable número de capsulas por planta sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica .....	53
Figura 45: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable peso de cápsulas por planta sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Mishquiyacu.....	54
Figura 46: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable diámetro de cápsulas sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Mishquiyacu .....	54
Figura 47: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable número de semillas por cápsulas sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica. ....	55
Figura 48: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable peso de semillas sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica.....	55
Figura 49: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable peso de cáscara sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica.....	56
Figura 50: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable diámetro de semillas sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica .....	56
Figura 51: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable peso de 100 semillas sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica .....	57
Figura 52: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable rendimiento de semillas por planta sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica .....	57
Figura 53: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable rendimiento de semillas por hectárea sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica .....	58
Figura 54: Prueba de Duncan ( $< p 0.05$ ) para el número de nódulos de las plantas seleccionadas en el segundo ciclo de selección masal en la Accesión Shica ...	60
Figura 55: Prueba de Duncan ( $< p 0.05$ ) para la longitud de raíces de las plantas seleccionadas en el segundo ciclo de selección masal en la Accesión Shica ...	61

Figura 56: Prueba de Duncan ( $< p 0.05$ ) para el número de nódulos de las plantas seleccionadas en el segundo ciclo de selección masal en la Accesoión Mishquiyacu .....	62
Figura 57: Prueba de Duncan ( $< p 0.05$ ) para la longitud de raíces de las plantas seleccionadas en el segundo ciclo de selección masal en la Accesoión Mishquiy .....	63



## Lista de siglas, abreviaturas y símbolos

- **IIAP - SM:** Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – Sn Martín.
- **ADN:** Acido Desoxirribonucleico.
- **INIA:** Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- **UNAD:** Universidad Nacional Abierta a Distancia.
- **S.A.C:** Sociedad Anónima Cerrada.
- **DCA:** Diseño Completamente al Azar.
- **Kg:** Kilogramos.
- **Ha:** Hectárea.
- **J2:** Juvenil en estadio dos.
- **h/100 cc:** Huevos por 100 centímetros cúbicos.
- **ASSESS:** Image Analysis Software for Plant Disease Quantification.
- **UNSM – T:** Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.
- **ANVA:** Análisis de Varianza.
- **S:** Shica.
- **M:** Mishquiyacu.
- **E:** Estrato.
- **P:** Planta.
- **MSN:** Muerte por selección negativa.
- **ISN:** Índice de selección negativa.

## Resumen

El objetivo fue obtener 2 poblaciones mejoradas mediante un segundo ciclo de selección masal visual estratificada a partir de 2 accesiones de sachá inchi (Shica y Mishquiyacu) y pruebas de tolerancia a nemátodos. Las parcelas se dividieron en lotes iguales para minimizar la influencia de la variabilidad edáfica y seleccionar plantas en toda la parcela. Se sembraron 2 parcelas experimentales y cada una estuvo dividida en 5 estratos de 80 plantas. La intensidad de selección negativa fue 10 %. La cosecha se inició 234 días después del transplante y la selección de plantas superiores se realizó ajustando el rendimiento intrasublotos e intersublotos. Se seleccionaron 27 plantas en Shica (intensidad de selección: 6.75 %) y 24 plantas en Mishquiyacu (intensidad de selección: 6.00 %). Las plantas seleccionadas fueron propagadas botánicamente en invernadero, infestadas con 100 huevos de nemátodos e incubadas por 45 días. Se empleó un DCA con 27 tratamientos en Shica y 24 en Mishquiyacu y 5 repeticiones por tratamiento. En 1 año de cosecha el rendimiento de Shica fue  $1854 \text{ kg.Ha}^{-1}.\text{Año}^{-1}$ , y el rendimiento promedio de las 27 plantas seleccionadas fue  $2650 \text{ kg.Ha}^{-1}.\text{Año}^{-1}$ . En Mishquiyacu se obtuvo un rendimiento de  $1967 \text{ kg.Ha}^{-1}.\text{Año}^{-1}$ , y el rendimiento promedio de las 24 plantas seleccionadas fue  $2886 \text{ kg.Ha}^{-1}.\text{Año}^{-1}$ . Las pruebas de tolerancia a nemátodos permitieron realizar una selección final de 20 plantas en cada accesión (intensidad final de selección: 5 %) y las semillas de estas plantas conforman las poblaciones mejoradas que serán empleados en los próximos ciclos de selección. También se realizó la caracterización química de ácidos grasos esenciales (Omega 3, 6 y 9) y proteínas de las plantas seleccionadas por rendimiento sometido a dos ciclos de selección masal.

Palabras clave: Sachá inchi, selección masal visual estratificada, accesión, intensidad de selección, poblaciones mejoradas, rendimiento, tolerancia y/o resistencia, caracterización química.

## Abstract

The objective was to obtain 2 improved populations through a second cycle of stratified visual mass selection from 2 accessions of sachá inchi (Shica and Mishquiyacu) and nematodes tolerance tests. The experimental plots were divided into equal lots for minimizing the influence of soil variability and select plants within the entire plots. Two experimental plots were planted and each one was divided in 5 lots of 80 plants. The intensity of negative selection was 10 %. The harvest began 234 days after transplantation and selection of superior plants was performed by adjusting yield within lots and between lots. I selected 24 plants in Mishquiyacu (selection intensity: 6 %) and 27 plants in Shica (selection intensity 6.75 %). The selected plants were propagated botanically, infested with 100 nematode eggs and incubated for 45 days. We used a DCA with 27 treatments in Shica, 24 treatments in Mishquiyacu and 3 replicates per treatment. In 1 year of harvest, the yield of Shica was  $1854 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ , and the average yield of the 27 selected plants was  $2650 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ . In Mishquiyacu, the yield obtained was  $1967 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ , and the average yield of the 24 selected plants was  $2886 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ . The nematode tolerance tests allowed to make a final selection of 20 plants in each accession (final intensity of selection: 5 %) and the seeds of these plants form the improved populations that will be used in the next selection cycles. Chemical characterization of essential fatty acids (Omega 3, 6 and 9) and proteins of selected plants by 2 cycles of stratified visual mass selection was performed.

Keyword: Sachá inchi, stratified visual mass selection, accession, intensity of selection, Improved populations, yield, Tolerance and/or resistance, Chemical characterisation.



## INTRODUCCIÓN

El sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L), es un cultivo nativo de la Amazonía Peruana, tiene amplia adaptación a diferentes tipos de suelo y buen comportamiento a diversas temperaturas que caracterizan a la región San Martín (Manco, 2006). Por lo que puede ser empleado en programas de recuperación de áreas degradadas.

El sachá inchi se ha cultivado desde la época prehispánica y la primera mención científica fue hecha en 1980 a consecuencia de los análisis de contenido de ácido graso y proteico realizados por Hazan y Stoewesand en el Instituto de Ciencia de los Alimentos de la Universidad de Cornell en Estados Unidos, que demostraron que las semillas presentan altos contenidos de ácidos grasos insaturados y proteínas (Manco, 2006).

En los últimos años, el sachá inchi ha sido objeto de un redescubrimiento, debido a sus altas concentraciones de los ácidos grasos  $\omega$ -3 (48.6 %),  $\omega$ -6 (36.8 %) y proteínas (33 %), superiores a los aceites de semillas oleaginosas tradicionales. Estas características químicas son lo que confieren al sachá inchi las propiedades ideales para mejorar la dieta alimenticia de las personas (Ronayne, 2000; Lunn y Hanah, 2006). No obstante, las condiciones del medio ambiente (clima, suelo) donde se desarrollan los ecotipos, hacen que la composición química varíe uno del otro.

Considerando el interés de los productores por contar con una variedad mejorada que asegure altos rendimientos y semillas con altos contenidos de ácidos grasos insaturados, el IIAP continúa realizando trabajos de investigación para la formación y evaluación de híbridos tales como:

La obtención de líneas puras, hibridación, evaluación de rendimiento, caracterización química de ácidos grasos presentes en las semillas, caracterización genética molecular, propagación clonal, entre otros (Cachique, 2007; Merino *et al.*, 2008; Corazón *et al.*, 2009; Noriega, 2009; Rodríguez *et al.*, 2010; Ruiz-Solsol y Mesén, 2010; Cachique *et al.*, 2011; Márquez *et al.*, 2007).



La región San Martín, es el principal productor de sachá inchi en el Perú y a pesar de la importancia de la especie el aprovechamiento comercial es aún incipiente debido a la alta variabilidad genética que determina una alta heterogeneidad en el rendimiento y contenido de ácidos grasos. Frente a esta situación el IIAP - San Martín, trabaja en el desarrollo de la primera variedad comercial de sachá inchi con buen rendimiento y buena aptitud industrial, para ello ha caracterizado las accesiones del banco de germoplasma y ha seleccionado las accesiones superiores, destacando Shica y Mishquiyacu (Cachique *et al.*, 2008).

La selección masal estratificada es una metodología aplicada a cultivos de polinización cruzada en el que se escogen visualmente plantas individuales por sus características deseables y las semillas que se cosechan de las plantas seleccionadas se mezclan para hacer crecer la siguiente generación, incrementando la frecuencia de alelos deseados que determinan caracteres particulares que se heredan cuantitativamente. La estratificación se realizó para evitar, en lo posible, el error de que la parcela de selección presente un gradiente de fertilidad, lo que haría que seleccionáramos más plantas en un sector de la parcela que en otro. En este trabajo se realizó el segundo ciclo de selección masal estratificada a partir de dos poblaciones mejoradas obtenidas en un primer ciclo de selección y así avanzar con los estudios de mejoramiento genético con el fin obtener la primera variedad comercial de sachá inchi en la región San Martín.

La hipótesis planteada fue que mediante un segundo ciclo de selección masal estratificada a partir de dos accesiones promisorias de alto rendimiento y tolerantes al nemátodo del nudo se espera incrementar la productividad del sachá inchi.

El informe tuvo como objetivo general de conocer el comportamiento agronómico en el segundo ciclo de selección masal estratificada, en poblaciones mejoradas obtenidas a partir de dos accesiones promisorias de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*. L) tolerantes a *Meloidogyne incognita*.

Como objetivos específicos de seleccionar plantas de alto rendimiento en dos poblaciones mejoradas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*. L) y determinar la tolerancia y/o resistencia a *Meloidogyne incognita* en plantas seleccionadas de dos accesiones de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*. L).

# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. Antecedentes de estudios de investigación sobre Selección masal estratificada.

Coyac *et al.*, (2013), en su investigación sobre la “Selección masal permite aumentar el rendimiento sin agotar la variabilidad genética aditiva en el maíz Zacateca 58” manifiesta que para estimar los parámetros genéticos de la variedad de maíz (*Zea mays* L.) Zacatecas 58 original (Z0) y de su versión mejorada por 24 ciclos de selección masal visual estratificada (SMVE), así como conocer la factibilidad de poder continuar con el proceso de selección en la variedad mejorada, evaluó en cuatro ambientes el rendimiento de mazorca por planta (RMPP) de 35 familias de medios hermanos (FMH) y 35 de hermanos completos (FHC) derivadas de Z0, así como 40 FMH y 40 FHC derivadas de su versión mejorada Zac. 58 SM24 (Z24). La SMVE aumentó el rendimiento de mazorca de Z0 después de 24 ciclos de selección (3.65 % por ciclo). Las FHC rindieron más ( $P \leq 0.05$ ) que las FMH, en ambas poblaciones. Con la evaluación conjunta de FMH y FHC estimó las varianzas genéticas aditiva (2A) y de dominancia (2D) de Z0 y Z24. Aunque esperaba que la 2A de Z0 fuera mayor que la de Z24, ello no ocurrió; en cambio, el coeficiente de variación genética aditiva (CVA) de Z0 resultó mayor que el de Z24, lo que le permitió inferir que es posible seguir incrementando el rendimiento de mazorca por SMVE aún después de 24 ciclos de selección.

García *et al.*, (2002), en su experimento “Selección masal visual estratificada y de familias de medios hermanos en una cruce intervarietal F2 de maíz”, evaluó la respuesta a la selección de dos ciclos de selección masal visual estratificada (SMVE) y dos ciclos de selección familiar de medios hermanos (SFMH), realizados en la población F2 de la cruce de las variedades de maíz (*Zea mays* L.) Zacatecas 58 SM20 y Tuxpeño Crema 1 SM12, mediante experimentos en Chapingo, Méx y Tecamac, Méx, bajo el diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y arreglo de tratamientos en parcelas divididas. En parcelas grandes asignó densidades de población (62 625 y 83 375 plantas/ha) y en pequeñas las variedades, las cuales fueron las dos variedades progenitoras, las generaciones F1 y F2 de la cruce, los compuestos de ciclos de

selección 1 y 2 de SMVE y SFMH, y los híbridos H-139, H-135 y H-38E como testigos. Sus resultados muestran que la respuesta genética promedio del rendimiento de grano por ciclo de selección fue de 10 % en la SFMH y de 5.7 % en SMVE. Entre densidades de población no encontró diferencia en la respuesta genética de la SMVE, pero en la SFMH la respuesta fue de 13.4 % en la densidad baja y 7.1 % en la densidad alta, respectivamente.

Ortegón *et al.*, (2002), al evaluar la respuesta a la selección masal para precocidad, altura de planta y rendimiento de una población de canola (*Brassica napus* L), en la ‘Población 2’ (P2C0), compuesto balanceado con semilla de ocho variedades de canola, con cinco ciclos de selección masal (C1...C5) y cuatro variedades testigo, obtiene en avance genético alcanzado para RG respuestas de 7.67% que significó una ganancia de 695 kg ha<sup>-1</sup>.

En días al inicio de floración (IF) una disminución significativa de 3.0 días (-1.27 %). y en altura de la planta (AP) un aumento de 10.8 cm sobre C0 (1.74 %), aunque su promedio se mantuvo con un rango favorable en los 120 cm. Finalmente concluye que los resultados de la evaluación de la SMVE son eficientes para el mejoramiento genético de canola.

## **1.2. Métodos de mejoramiento genético de plantas alógamas**

Chávez (1995), menciona que las plantas alógamas son aquellas que se aparean libremente dentro de sus poblaciones como consecuencia de su sistema reproductor y de su historia evolutiva previa. Son muy heterocigotas por lo que rara vez se utilizan de manera individual para construir una nueva variedad, ya que la segregación y la polinización cruzada dificultan la conservación del progenitor. Por esta razón los métodos de mejoramiento de estas especies difieren de los empleados en las plantas autóгамas.

Las plantas alógamas pueden ser: hermafroditas, monoicas y dioicas. Monoecia y dioecia, evidentemente favorecen la fecundación cruzada. En algunas plantas la alogamia se asegura por distintos mecanismos como la maduración de estambres y estigmas en distinta época, o los distintos sistemas de

incompatibilidad. Dentro de las plantas alógamas, se pueden encontrar desde las que tienen una completa autoesterilidad, hasta las que tienen una perfecta autofertilidad, con gran variabilidad incluso dentro de la misma especie y aún dentro de la misma variedad comercial o población local. Otro factor importante es que algunas plantas alógamas cuando se les somete a autogamia forzada suelen sufrir depresión por consanguinidad, mientras que otras no.

Allar (1967), nos manifiesta lo siguiente, en las poblaciones de especies alógamas, puede identificarse y seleccionarse individuos con caracteres sobresalientes y deseables agronómicamente, sin embargo, estos no son de herencia constante debido a que todos sus gametos son diferentes, lo que crea diferentes individuos en cada generación. Por eso, la mejora genética de una población alógama se basa en dos hechos principales:

- La elección de los individuos que han de originar la generación siguiente.
- La forma por la cual dichos individuos seleccionados se han de cruzar entre sí para formar la descendencia que constituirá la generación siguiente.

Los distintos métodos de mejora que en alógamas se pueden realizar son Selección masal, Selección de líneas endogámicas y explotación de la heterosis y por selección de los componentes de las variedades sintéticas.

Ponciano (1984), nos manifiesta que para la creación de nuevas variedades mucha importancia tiene los métodos de selección de las plantas. La selección se debe iniciar cuando existe población heterogénea, es decir población en la cual se observa la variabilidad. Esas poblaciones heterogéneas existen en la naturaleza. En principio existen dos métodos principales de selección: masal e individual. Todos los demás métodos representan únicamente las variaciones o combinaciones de los métodos principales.

### **1.2.1. Selección masal**

Ramírez (2006), nos manifiesta que la selección masal es el método más simple de mejora en plantas alógamas y consiste en elegir los mejores individuos (por sus

fenotipos), recoger la semilla que ellos producen, mezclar esta semilla para formar la generación siguiente y repetir el ciclo de selección y mezcla de semilla sucesivamente. La selección masal puede tener varias formas, pero siempre implica la cosecha de un lote en masa de semillas a partir de algunas plantas seleccionadas.

Por otro lado, la selección masal se basa en la selección individual de plantas dentro de la población de acuerdo a sus características visuales, por ello es denominada a veces como selección fenotípica. Se trata de identificar a los individuos de una población y seleccionarlas de acuerdo a los objetivos que pretende alcanzar. Esto resulta sencillo para el agricultor, por ello la selección masal se ha utilizado ampliamente durante mucho tiempo para mejorar las variedades que se han transferido de una generación de agricultores a otra.

Evidentemente, lo que se hace es una selección para gametos femeninos, puesto que al tomar la semilla producida por la planta seleccionada se está seleccionando la aportación génica femenina, mientras que no se puede seleccionar las plantas que van a actuar como polinizadores. A pesar de ello, se espera un progreso en la selección por acumulación de genes favorables.

La selección masal por el fenotipo es efectiva cuando los caracteres para los que se selecciona son fácilmente observables o medibles; por ejemplo: altura de planta, contenido en aceite o proteína de la semilla.

Cuando los caracteres no pueden ser juzgados por el fenotipo individual de las plantas, se realizan ensayos con la descendencia de las madres seleccionadas, lo cual recibe el nombre de (prueba de progenie).

La descendencia puede obtenerse mediante polinización abierta normal (sin control de los gametos masculinos) o puede hacerse controlando la reproducción. Esto dependerá de si el carácter que estemos teniendo en cuenta puede observarse o medirse antes de la fecundación. Por ejemplo, la altura de la planta se puede medir antes de la fecundación, pero el contenido en proteína de la semilla no. Si la selección se hace antes de la antesis, las plantas se eliminan y se permiten cruces

aleatorios sólo entre las elegidas. Si se hace después de la fecundación, las plantas seleccionadas se habrán cruzado, en parte, con las no deseadas.

Cuando la población es muy variable, la presión de selección debe ser suave, para dar oportunidad a que se mezcle bien los caracteres. Después de varios ciclos se debe llevar a cabo un ciclo de selección fuerte para escoger los individuos más sobresalientes y obtener así la máxima respuesta. De lo contrario, si utilizamos siempre una presión de selección fuerte, la variabilidad genética se agota rápidamente, esto conduce a la homocigosis y por tanto a poca respuesta a la selección.

La efectividad de la selección masal depende entre otros factores de los caracteres en estudio y del tipo de herencia que estos tengan. Es más efectiva para aquellas características de alta heredabilidad como: la altura de la planta, resistencia a enfermedades, precocidad, prolificidad, alto contenido de proteína, adaptabilidad, etc.

Por otro lado, dicha selección es poco efectiva para las características de baja heredabilidad como: rendimiento, acame, resistencia a insectos, etc. Se puede afirmar que el éxito de la selección masal se debe a los siguientes factores:

- Técnicas adecuadas de campo.
- Alta variabilidad.
- Amplia variabilidad genética.

#### **a).Requisitos para una selección masal adecuada**

Ramírez (2006), nos da a conocer que para adelantar un programa de selección masal en plantas alógamas se deben de considerar los siguientes factores:

**A). Aislamiento del lote:** Donde se hará la selección; este se puede llevar a cabo mediante las siguientes prácticas.

- **Distancia:** Estableciendo una distancia mínima entre los lotes de selección y otros de producción comercial, teniendo en cuenta que el polen de las plantas alógamas se transportan por el viento a grandes distancias.

- **Fecha de siembra:** Adelantando o retrasando la siembra de los lotes para selección con aquellos lotes comerciales sembrados alrededor es otra forma eficaz de aislar los lotes.
- **Barreras artificiales:** Se utilizan cuando no se puede aislar el lote mediante algunas de las formas anteriores.
- **Factores ambientales:** Entre los más importantes se encuentra la:  
**Uniformidad del terreno:** En lo que respecta a fertilidad, profundidad, textura, pendiente, como de la buena preparación del terreno.

**B). Prácticas culturales uniforme:** Esto quiere decir la siembra se realiza a la misma profundidad y a la misma distancia, la fertilización también debe ser uniforme, en lo posible se recomienda sobre todo fertilizar el lote para eliminar posibles diferencias en la fertilidad del suelo.

Se debe planificar el riego, de tal manera que se suministre el agua en el momento en que lo necesite el cultivo. El control de malezas, plagas y enfermedades, debe ser muy eficiente y uniforme de tal manera que las diferencias presentadas en los resultados se atribuyan principalmente a la constitución genética de las plantas y no a efectos de estos factores.

**C). Presión e intensidad de selección:** Se debe aplicar una adecuada presión de selección que no cause endocria, esto se logra con una presión que puede variar de 10 a 20 %. En teoría, mientras la presión sea más intensa se obtienen mayores ganancias, pero también se provoca más rápido la homocigosis.

**D). Inconvenientes:** Que presenta la selección masal son:

- Para determinados caracteres la selección fenotípica no es la más adecuada para seleccionar genotipos superiores.
- La polinización incontrolada hace posible que los genotipos superiores hibriden con los inferiores en la población en la que cohabiten.

**b) ¿Cuál es el objetivo de la selección masal?**

El objetivo de la selección masal es aumentar las frecuencias génicas deseables entre una población de plantas, esto se traduce como aumentar la cantidad de

individuos con características deseables y/o sobresalientes dentro de una población en la siguiente generación.

### 1.2.2. Selección masal visual estratificada

Ramírez (2006), nos manifiesta que este método de selección masal fue propuesto por Gardner en 1961, para ser aplicado a materiales de amplia variabilidad genética, posteriormente otros fitomejoradores han modificado y ampliado esta metodología.

Consiste en una estratificación o división de las parcelas de evaluación; se recombinaron en áreas de igual tamaño y preferiblemente cuadradas. Se sugieren 25 sub parcelas, las cuales resultan de dividir el lote en cinco estratos y cada estrato en 5 filas. Dentro de cada sub parcela se eligen las mejores plantas, como en la selección masal ordinaria.

El objetivo principal de esta modificación es, precisamente, reducir dentro de cada sub parcela el efecto ambiental que se tiene en toda la parcela; permitiendo una mayor eficiencia en la selección, al trabajar más sobre la variación genética.

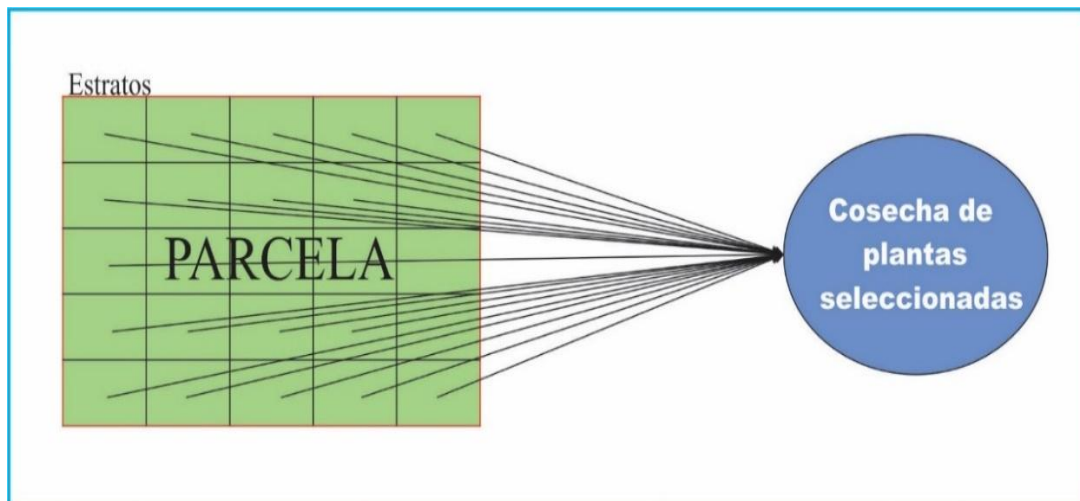


Figura 1: Representación de Selección Masal Estratificada en sachas inchi. Fuente: Elaboración propia.

### 1.3. Antecedentes de estudios de investigación sobre tolerancia al nemátodo del nudo (*Meloidogyne incognita*).

Saboya (2015), en su experimento sobre “Obtención de dos poblaciones mejoradas de sachas inchi (*Plukenetia volubilis* L.), con resistencia a *Meloidogyne incognita*



mediante selección masal estratificada a partir de dos accesiones promisorias en la región San Martín”, nos manifiesta que registró datos como número de nódulos y longitud de raíces, permitiéndole determinar las mejores plantas con alto rendimiento y tolerancia a *Meloidogyne incognita*, para lo cual usó el programa ASSES para la medición de raíces y transformó los datos de número de nódulos con  $X + 0.5$ , con los datos obtenidos realizó el análisis de varianza y la prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ( $P = 0.05$ ). Los resultados que muestra indican diferencias altamente significativas entre los promedios número de nódulos y longitud de raíces en ambas accesiones.

Los resultados demuestran que la inoculación de nemátodos se vio influenciada por la selección de plantas, además indicar la relevancia de las plantas seleccionadas en los resultados de longitud de raíces, esto permite manifestar que la relación número de nódulos y longitud de raíces en su mayoría es inversamente proporcional en ambas accesiones. Como resultado final obtuvo 20 plantas de la accesión Shica y 20 de la accesión Mishquiyacu con alto rendimiento de semilla y tolerancia a *Meloidogyne incognita*.

Márquez *et al.*, (2013), al investigar la respuesta de accesiones de sachá inchi *Plukenetia volubilis* L. a la infestación inducida del nemátodo *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White, 1919) chitwood, cuyo objetivo fue determinar la respuesta de accesiones de sachá inchi *Plukenetia volubilis* L. a la infestación del nemátodo *Meloidogyne incognita* en condiciones controladas; para la cual propagó cinco accesiones de sachá inchi (Mishquiyacu, Chazuta, Shica, Pinto Recodo y Sauce) mediante enraizamiento de estacas e infestó con huevos de *M. incognita* a una dosis de 500 huevos por maceta de 2 kg. de sustrato. Después de 35 días de la inoculación (ddi) cuantificó el número de nódulos por sistema radicular y evaluó longitud radicular. Los resultados mostraron que en las raíces de las accesiones Mishquiyacu y Chazuta se encontraron significativamente menor número de nódulos y mayor longitud de raíz, sin embargo, las accesiones de Pinto Recodo y Sauce registraron mayor número de nódulos y menor longitud de raíz, mientras que Shica registró menor número de nódulos y longitud de raíz ¿Cómo se mostró respecto a Mishquiyacu y Chazuta en cuanto a nodulación?

Según este estudio concluye que las accesiones Mishquiyacu y Chazuta muestran tolerancia a *M. incognita* y pueden ser utilizadas en futuros estudios sobre manejo integrado del cultivo de sachu inchi.

#### **1.4. Nemátodos fitoparásitos de plantas**

Los nemátodos son los organismos pluricelulares más numerosos en los agro ecosistemas; se conocen unas 20 000 especies y se pueden encontrar en densidades de hasta 30 millones por metro cuadrado. Se encuentran como organismos de vida libre y se alimentan de hongos, bacterias, protozoarios u otros nemátodos, o como parásitos de plantas y animales; además, forman parte importante de las cadenas tróficas del suelo (Rodríguez, 2010).

##### **1.4.1. Características generales**

Hernández (2003), menciona que los nemátodos o gusanos redondeados son organismos generalmente microscópicos, no segmentados, bilateralmente simétricos, incoloros y cilíndricos en su sección transversal. La forma típica del cuerpo es fusiforme. Un grupo de especies presenta un dimorfismo sexual marcado, donde la hembra adulta se modifica y puede observarse en forma de limón, pera, riñón entre otras; y se convierte en un parásito sedentario. Los machos, sin embargo, mantienen la forma de anguila y una movilidad común en la mayoría de las especies. Usualmente son más pequeños que las hembras. Los nemátodos parásitos de plantas o fitonemátodos tienen una longitud entre 0,5 y 6,5 mm.

El cuerpo está cubierto con una cutícula que puede ser lisa o estar marcada. Las marcas pueden ser puntuaciones. También se observan estrías transversales o longitudinales. Debajo de la cutícula se encuentra la hipodermis, una capa epitelial que se forma a partir de la misma cutícula, y una capa muscular que les permite el movimiento ondulatorio a los nemátodos.

Estos organismos disponen de sistemas digestivo, reproductivo, nervioso y excretor. El sistema digestivo comienza con la boca. Ciertos grupos de fitonemátodos tienen en la cavidad bucal un estilete que le sirve para punzar y perforar las células vegetales de las cuales se alimenta.

Esta estructura es hueca y permite realizar el primer paso de alimentación. A continuación, le sigue el esófago que está conectado con el intestino y termina en el ano. En la mayoría de los nemátodos, la reproducción es sexual después de la copulación con la fertilización del huevo por el esperma del macho. Algunas especies son partenogenéticas, capaces de producir huevos sin fertilización. En estos casos los machos son escasos o están ausentes. También pueden ser observadas hembras con funciones hermafroditas.

#### **1.4.2. Factores del suelo que afectan a los nemátodos**

Jatala (1986), manifiesta que debido a que el habitat de los nemátodos es el suelo, los principales factores que afectan al suelo pueden influir directa o indirectamente en la severidad del daño causado por los nemátodos.

Norton (1989), menciona que la planta ejerce la mayor influencia en la dinámica de las comunidades de nematodos fitoparásitos, sin embargo, también es ineludible que la dinámica poblacional (crecimiento, reproducción y sobrevivencia) puede ser afectada en forma directa por factores edáficos o indirectamente a través de la respuesta de la planta a su ambiente (Franci 1993).

En este sentido Van der Wal (1994), menciona que los principales factores que afectan las poblaciones de nemátodos son: tipo de suelo, el clima imperante, estatus de la planta huésped, estado de crecimiento, competencia con otras especies de nemátodos y otras enfermedades.

##### **a. Descripción de los factores que afectan a los nemátodos**

###### **- Temperatura:**

Jatala (1986), manifiesta que la temperatura afecta la producción de huevos, la reproducción, el desarrollo y la supervivencia, determinando la localización y el parasitismo del nemátodo. Los requisitos de temperatura son diferentes para cada especie de nemátodos. La temperatura óptima para la mayoría de los nemátodos varía entre 15 y 30° C. Por encima o por debajo de estos niveles, los nemátodos se inactivan o mueren. La temperatura también influye sobre la planta hospedera, cambios en el desarrollo producen cambios en la morfología y

fisiología de la raíz afectando desde luego las poblaciones de nemátodos (Nas, 1978).

- **Humedad:**

Jatala (1986), menciona que la fluctuación de la humedad del suelo debido a la lluvia o a la irrigación es el factor más importante para la dinámica de la población de nemátodos.

Los nemátodos fitoparásitos son organismos esencialmente acuáticos debido a que requieren de una película de agua entre las partículas de suelo para poder movilizarse, por tanto el contenido de agua en el suelo es un factor ecológico muy importante e influye en la sobrevivencia de estos organismos. En suelos secos la supervivencia de estos nemátodos disminuye, muchos mueren mientras que otros tienen la capacidad de sobrevivir en ausencia total de agua en estado de anahidrobiosis

Los suelos saturados de agua también constituyen una limitante para los nemátodos, muchas especies se ven afectadas debido a que decrece el contenido de oxígeno, además bajo condiciones saturadas se producen sustancias tóxicas para los nematodos (Sasser, 1989).

- **Textura del suelo:**

Jatala (1986), menciona que la actividad y los movimientos del nemátodos en el suelo para alcanzar la raíz, están relacionados con la porosidad del suelo, con el tamaño de las partículas del suelo, con el espesor de la película de agua que existe y con el movimiento específico del nemátodo. La textura del suelo afecta la estructura del mismo, es decir, la propiedad relacionada con la forma geométrica del espacio poroso del suelo.

Por esto, un suelo arcilloso, que tiene una textura muy fina, puede impedir el crecimiento y la penetración de las raíces debido a que los espacios porosos son diminutos. También puede inhibir el desarrollo de nemátodos, los cuales requieren poros de 0.02 mm como mínimo para moverse en el suelo.

- **Aireación:**

Jatala (1986), manifiesta que la aireación escasa reduce la supervivencia y la densidad de población de nemátodos. Este es el caso especialmente en suelos agrícolas irrigados: la supervivencia se reduce por que el suministro de oxígeno llegan a niveles bajos durante el periodo de irrigación por anegamiento

- **Química del suelo:**

La salinidad, el pH, la materia orgánica, la fertilización y el uso de biocidas afectan la emergencia y la actividad de los nemátodos. Las sustancias químicas del suelo afectan a los parásitos, ya sea a través de las plantas y de otros organismos, o directamente. Por ejemplo, los compuestos nitrogenados que se agregan causan una reducción en la población de *Pratylenchus penetrans*. Del mismo modo, la aplicación al suelo de nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ), y Nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) reduce la emergencia, la penetración y el desarrollo de quistes (Jatala, 1986).

- **Vegetación:**

La dominancia de una especie de nemátodos o la reducción de una de ellas, está altamente relacionada con la comunidad de plantas en un área determinada (Van der Wal, 1994).

Stirling (1991), manifiesta que en ausencia de un hospedero susceptible los nemátodos pasan a formar parte del suelo, pero tan pronto el cultivo es sembrado, tienden a agregarse cerca de las raíces.

Rivera (1999), menciona que los nemátodos fitoparásitos tienen la capacidad de sobrevivir en una gran cantidad de malezas y en ausencia de un huésped vivo, sobreviven en el suelo o en residuos de plantas por periodos variables.

#### **1.4.3. Síntomas generales y daños que causan en las plantas**

Los síntomas producidos por el ataque de nemátodos en el cultivo de sachá inchi, pueden ser confundidos con los causados por el ataque de cochinilla y otros parásitos (Valiente, 1997; Hernández 2003).

En general, las plantas atacadas por nemátodos fitoparásitos, muestran clorosis marcada en las hojas que frecuentemente se torna en una coloración rojiza, hojas pequeñas y estrechas, muerte regresiva del follaje, enanismo, pérdida del ápice de las raíces y atrofia general de las mismas. Además, como consecuencia de una disminución en la eficiencia de la absorción de nutrientes y en la concentración de elementos minerales (Roman, 1978; Caswell *et al.* 1990; Suárez, 1998).

Aballay (2003), menciona que, una de las características del ataque de nemátodos es el decaimiento progresivo de las plantas en sectores determinados de la plantación. La reacción que produce en el tejido vegetal, la secreción inyectada por el nemátodo puede ser de necrosis, supresión de la división celular del meristemo apical o de hipertrofia produciendo nódulos.

También, específicamente en la raíz, pueden causar pudrición, ramificación excesiva o decaimiento. Sin embargo, la lesión del nemátodo depende de la clase de éste, de la clase de planta, de la edad y de factores de suelo.

Los nemátodos, son agentes predisponentes de infecciones debido a que causan cambios fisiológicos y modificaciones en el tejido de los hospederos infectados. Las interacciones de hongos, bacterias y virus con los nemátodos conforman un sistema biológico, en que estos últimos sólo tienen una parte, pero muy importante, en las pudriciones radiculares.

Gilchrist (2005), menciona que los nemátodos ectoparásitos como *Tylenchorhynchus*, *Helicotylenchus* y *Xiphinema* permanecen fuera del hospedero mientras se alimentan de sus células internas. Con el estilete penetran las células de las plantas; después de un período de alimentación breve, retraen el estilete y repiten el proceso.

En contraste, los nemátodos endoparásitos incluyendo *Meloidogyne* y *Pratylenchus* penetran la planta y migran hacia el tejido de la raíz donde se alimentan y completan su ciclo de vida. Los nemátodos endoparásitos son considerados más insidiosos porque destruyen el tejido interno durante su migración y durante su alimentación están en contacto con el sistema vascular. Otra

consecuencia importante del ataque de nemátodos es que provocan heridas que permiten la entrada de bacterias y hongos patógenos del suelo, lo cual crea infecciones secundarias. Los nemátodos se desarrollan mientras puedan alimentarse, aumentando considerablemente el número de individuos de la población (Chávez, 1987).

#### 1.4.4. Técnicas de muestreo para nemátodos fitoparásitos

Aunque los géneros tienen características morfológicas que los distinguen, todas las especies patógenas poseen una estructura del aparato bucal, conocida como estilete, que permite al nemátodo penetrar las plantas para obtener los nutrientes que requiere. El estilete está ausente en los nemátodos saprófitos. Una característica importante que distingue a los nemátodos fitoparásitos, es la presencia del estilete (Gilchrist, 2005).

Gilchrist (2005), hace mención sobre las rutas que se deben tomar para realizar muestreos en nemátodos.

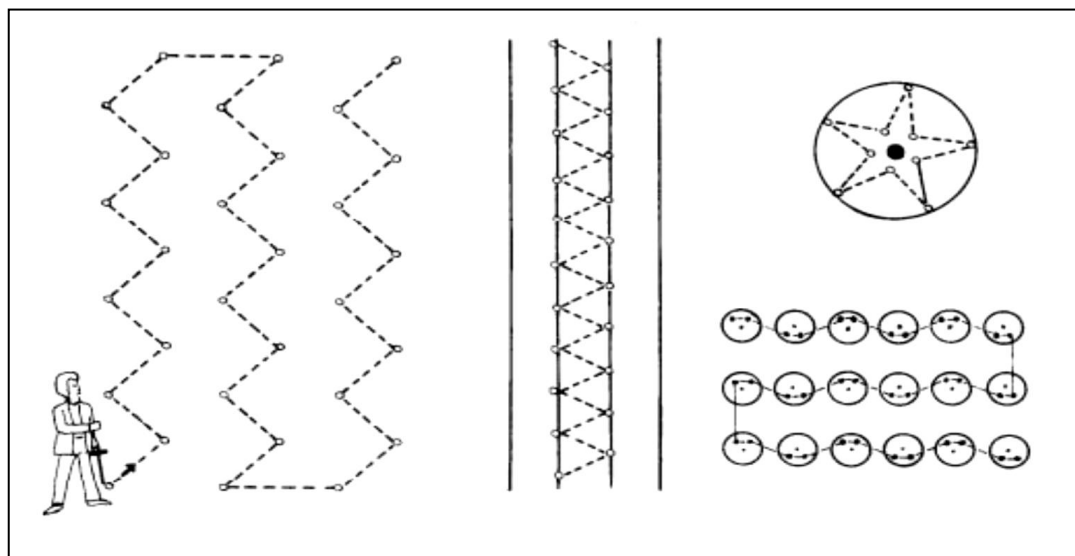


Figura 2: Muestreo del suelo que permiten diagnosticar la presencia de nemátodos.

#### 1.4.5. Métodos para extraer nemátodos en muestras de suelo y de tejido vegetal

En el caso de *Heterodera* o *Meloidogyne*, pueden observarse directamente hembras enquistadas en las raíces o en agallas; en los géneros restantes, los nemátodos deben ser extraídos del suelo o de las raíces.

La técnica más conocida y sencilla para extraer nemátodos del suelo es con un embudo de Baermann, iniciándose con la suspensión de la muestra de suelo en agua y pasarla a través de mallas y luego los nemátodos y los residuos que se tiene deben ser colocados en un embudo de Baermann o extraerse utilizando la técnica de flotación de azúcar (Gilchrist, 2005).

#### **1.4.6. *Meloidogyne incognita***

Torres (2003), menciona que *Meloidogyne incognita* es considerado el nemátodo de mayor importancia en el mundo debido a las grandes pérdidas que puede ocasionar al afectar las raíces de numerosos hospedantes con que cuenta (Hortalizas, Frutales, Leguminosas; etc.). Este nemátodo produce nódulos en las raíces, atrofiándolas e interfiriendo con su buen funcionamiento. En la parte aérea se puede apreciar amarillamiento, marchitez y crecimiento retardado.

Las plantas infestadas por *Meloidogyne* spp., muestran enfermedades radiculares, disminuyendo el volumen de agua disponible para la planta; mostrando un desarrollo deficiente, menor cantidad de hojas, los frutos y las inflorescencias se atrofian reduciendo la producción (Agrios, 1995; Talavera, 2003).

La infección de las raíces produce engrosamientos característicos o agallas que pueden ser de varios tamaños dependiendo del número de hembras que albergue (Talavera, 2003). Cuando las plantas susceptibles son infectadas en la etapa de plántula, las pérdidas son considerables y pueden dar lugar a la destrucción total del cultivo.

Las infecciones que sufren las plantas adultas pueden tener solo efectos ligeros o pueden disminuir en forma considerable la producción. Cuando las larvas entran a las raíces y a otras estructuras subterráneas, producen lesiones mecánicas muy leves, excepto cuando un gran número penetra en un espacio limitado (Invasión masiva). La mayor parte de los efectos sobre los tejidos circunvecinos se produce por la secreción inyectada a través del estilete de la larva mientras ésta se alimenta.



**A. Métodos de control**

Existen diversos métodos de control nematológico alternativos, desde los tradicionales como el barbecho o la rotación de cultivos, hasta los más novedosos como resistencia incorporada mediante Biología Molecular. Todos ellos tienen ventajas e inconvenientes y ninguna estrategia por sí sola, parece ser satisfactoriamente efectiva, por lo que el acercamiento más productivo al control nematológico debería involucrar la integración de varios métodos, como Prevención, Medidas Culturales, Resistencia y Control Biológico (Talavera, 2003).

## CAPÍTULO II

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1 Tipo y nivel de investigación

Investigación tipo aplicativa, nivel experimental y explicativa.

#### 2.2 Diseño de investigación

Se empleó un Diseño Completo al Azar (DCA), con 27 y 24 tratamientos (plantas seleccionadas), para la accesión Shica y Mishquiyacu respectivamente con 5 repeticiones cada uno.

Modelo Matemático:  $Y(ij) = \mu + \lambda_i + \xi(ij)$

Dónde:

$Y_{ij}$ = Resultado de una unidad experimental

$\mu$ = Media general

$\lambda_i$ = Efecto del i-esimo.

$E_{ij}$ = Error experimental

Tabla 1

*Análisis de Varianza en un DCA – Accesión Shica*

Fuente de Variabilidad	Grado de Libertad
Tratamientos	$t-1 = 26$
Error	$t(r-1) = 108$
<b>Total</b>	$rt - 1 = 134$

Dónde:

r = Repeticiones: 5

t = Tratamientos: 27

Tabla 2

*Análisis de Varianza en un DCA – Acceso Mishquiyacu*

Fuente de Variabilidad	Grado de Libertad
Tratamientos	$t-1 = 23$
Error	$t(r-1) = 96$
<b>Total</b>	$rt - 1 = 119$

**Dónde:**

r = Repeticiones: 5

t = Tratamientos: 24

Las semillas de estas plantas fueron cosechadas y mezcladas y conformaron la población mejorada por un segundo ciclo de selección masal estratificada de la accesión Shica y Mishquiyacu.

## 2.3 Población y muestra

### Población

En este trabajo la población, estuvo definida por la especie (*Plukenetia volubilis* L.), y (*Meloidogyne incognita*) conformada por 400 plantas distribuidas en los 5 extractos obteniéndose 2000 plantas entre 5 repeticiones.

### Muestra

La muestra del respectivo trabajo estaba constituida por dos acciones promisorias de Sacha Inchi, trabajando con 24 y 27 plantas por tratamiento en las evaluaciones que hacen un total de 80 muestras.

## 2.4 Materiales

### 2.4.1 Material biológico

Para la segunda etapa del estudio, se utilizó semillas botánicas seleccionadas en el primer ciclo de las accesiones Shica y Mishquiyacu, cuyas plantas han sido seleccionadas en base a rendimiento y tolerancia al nemátodo del nudo.

Tabla 3

*Plantas seleccionadas en el primer ciclo basado en el rendimiento y tolerancia a nemátodos.*

<b>Estratos</b>	<b>Accesión Shica</b>	<b>Accesión Mishquiyacu</b>
<b>I</b>	SE1P35, SE1P50, SE1P74	ME1P26, ME1P27, ME1P28, ME1P79
<b>II</b>	SE2P5, SE2P6, SE2P9, SE2P11, SE2P48	ME2P6, ME2P6, ME2P22, ME2P38
<b>III</b>	SE3P19, SE3P25, SE3P35, SE3P62	ME3P9, ME3P12, ME3P27, ME3P46, ME3P56, ME3P57, ME3P62, ME3P71
<b>IV</b>	SE4P3, SE4P4, SE4P22, SE4P34	ME4P43, ME4P67
<b>V</b>	SE5P24, SE5P40, SE5P55, SE5P74	ME5P15, ME5P26

Fuente: Elaboración Propia (2016).

## 2.5 Metodología

### 2.5.1 Tratamientos en estudio

El material en estudio está representado por dos poblaciones mejoradas de sachá inchi, que han sido obtenidas luego de un primer ciclo de selección masal estratificada teniendo en consideración los caracteres fenotípicos.

Estas poblaciones provienen de las accesiones que son Shica y Mishquiyacu y fueron sometidas a un segundo ciclo de selección masal visual estratificada con el fin de obtener dos poblaciones mejoradas considerando el incremento de rendimiento y tolerancia al nemátodo del nudo.

#### A. Características de las accesiones en estudio

- **Accesión Shica:** Material silvestre colectado en el Distrito y Provincia de Lamas, Departamento de San Martín.

Es una planta trepadora, medianamente tolerante a *Meloidogyne incognita* y al estrés hídrico, se puede cosechar hasta 24 veces por año, resaltando que el porcentaje de semillas (54.00 %) es mayor al porcentaje de cáscara (46.00 %).

En cuanto a aceite de tipo Omega, es una accesión que contiene  $\omega$ -3 (42.13 %),  $\omega$ -6 (39.28 %) y  $\omega$ -9 (10.27 %).

- **Accesión Mishquiyacu:** Material silvestre colectado en el Distrito y Provincia de Lamas, Departamento de San Martín.

Es una planta trepadora, medianamente tolerante a *Meloidogyne incognita* y al estrés hídrico, se puede cosechar hasta 24 veces por año, resaltando que el porcentaje de semillas (53.70 %) es mayor al porcentaje de cáscara (46.30 %).

En cuanto a aceite de tipo Omega, es una accesión que contiene  $\omega$ -3 (41.12 %),  $\omega$ -6 (39.55 %) y  $\omega$ -9 (10.85 %).

Tabla 4

*Características agronómicas sobresalientes de las dos accesiones en estudio durante el primer ciclo de selección masal estratificada.*

Variables	Indicadores	Accesión	
		Shica	Mishquiyacu
<b>Características agronómicas</b>	Hábito de crecimiento	Trepador	Trepador
	$\phi$ Cápsula	4.89 cm	5.03 cm
	$\phi$ Semilla	1.91 cm	1.98 cm
	% Cáscara	46.00	46.30
	% Semilla	54.00	53.70
	Peso 100 semillas	117.06 g	118.37 g
	N° cosechas/año	24	24
	Rendimiento 6 meses	1177.69 kg/ha/6 meses	1441.63 kg/ha/6 meses
Resistencia a	<i>Meloidogyne incognita</i>	Tolerancia intermedia	Tolerancia intermedia

Fuente: (Saboya, 2015)

### 2.5.2 Distribución del estudio

Cada accesión ha sido establecida en una parcela experimental y los croquis están representados en la Figura 1. Según lo indicado en las figuras cada parcela está compuesta de 400 plantas y a su vez está dividido en 5 estratos de 80 plantas cada uno.

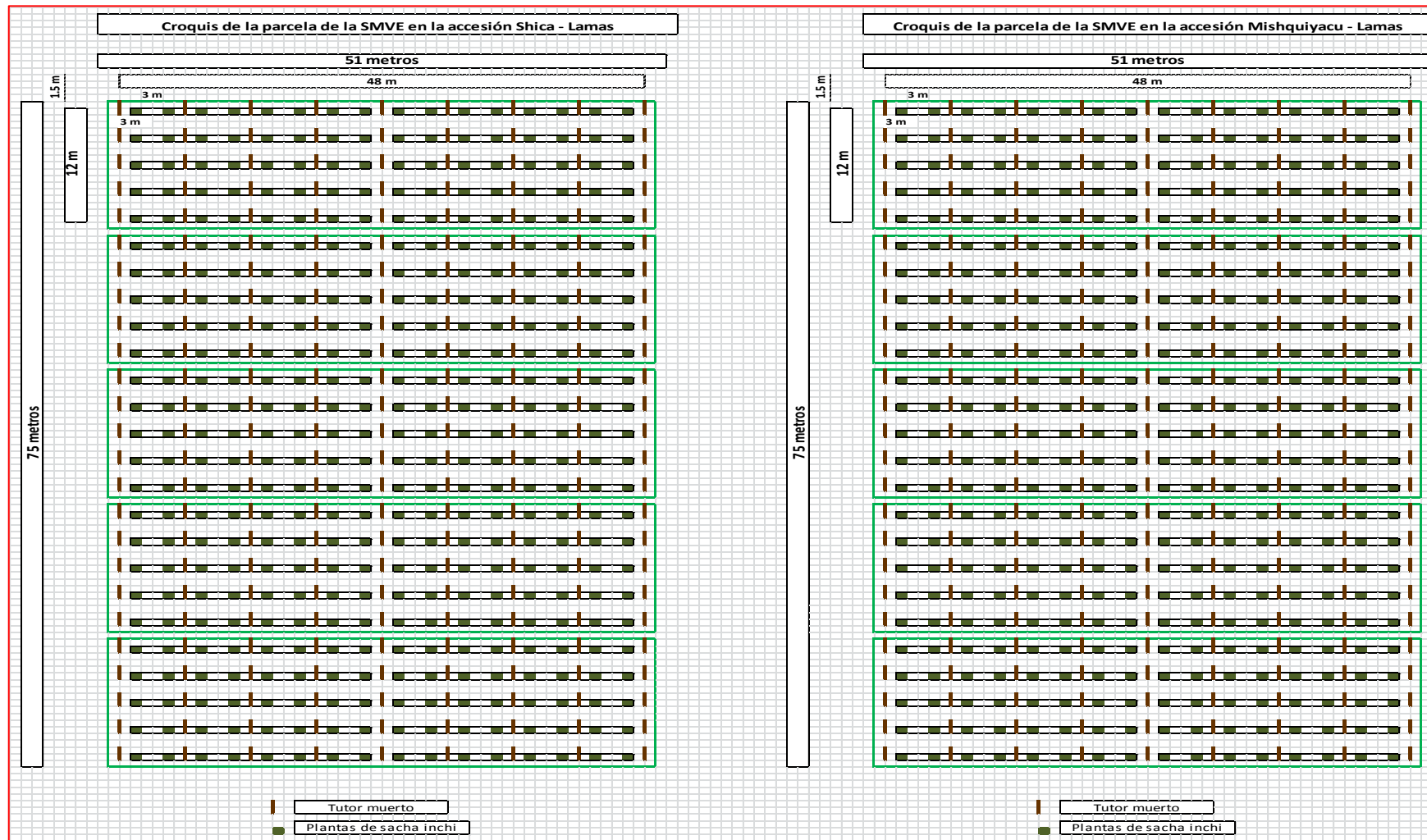


Figura 3: Croquis de las parcelas experimentales ubicadas en Lamas.

### 2.5.3 Determinación de la selección negativa y el rendimiento

**a.- Selección negativa:** En cada parcela, de forma independiente, se realizó la selección negativa, para eso se evaluó el vigor de las plantas considerando sanidad y altura de plantas, de acuerdo a la (Tabla 3). Se determinó porcentajes en cada estrato, a su vez se estableció la intensidad de selección negativa y se eliminó aquellas plantas calificadas como poco vigorosas antes que inicien el proceso de floración y así evitar la polinización con plantas de buen comportamiento.

Tabla 5

*Escala para determinar el vigor de plantas de sachá inchi en Lamas (adaptado de Andrade, 1998).*

Valor	Calificación	Descripción
1	Poco vigor	Las plantas presentan altura menor a 60 cm y daños severos en las hojas.
2	Vigor Medio	Las plantas presentan altura entre 60 y 100 cm y presentan leves daños en las hojas.
3	Vigoroso	Las plantas presentan altura superior a los 100 cm y no presentan daño foliar.

**b.- Rendimiento:** Para la selección de las plantas superiores por rendimiento en cada estrato de cada parcela de investigación se empleó el método establecido por Molina (1983), ajustando el rendimiento intrasublotos e intersublotos.

Se aplicó la siguiente fórmula:

$$Y = XG + (Pp - X_p) \text{ donde;}$$

Y = Valor ajustado de cada planta.

XG = Promedio general.

Pp = Valor individual de cada planta.

X<sub>p</sub> = Promedio del sub lote correspondiente.

Se determinó: Promedios, Valores mínimos, Valores máximos y Coeficiente de variación con los datos ajustados y sin ajustar para todas los indicadores evaluados.

Se determinó la correlación entre el rendimiento y el resto de indicadores cuantitativos, empleando el coeficiente de Pearson.

Tabla 6

*Grado de correlación (Coeficiente de Pearson)*

GRADO DE CORRELACION (Coeficiente de Pearson)	
Grado	Valores (Entre -1 y 1)
Perfecta	0.81-1.00
Alta	0.55-0.80
Media	0.30-0.54
Baja	0.10-0.29
Nula	0 (cercano a cero)
Baja	(-0.10)- (-0.29)
Media	(-0.30)- (-0.54)
Alta	(-0.55)- (-0.80)
Perfecta	(-0.81)- (-1.00)
Valores positivos señalan variación directamente proporcional entre los indicadores. Valores negativos señalan variación indirectamente proporcional entre los indicadores.	

#### 2.5.4 Ensayo de tolerancia al nemátodo del nudo

Se realizó 1 experimento por accesión, permitiéndonos seleccionar las plantas más tolerantes al nemátodo del nudo. El material que se empleó fueron semillas de sachu inchi propagadas en invernadero, a partir de 27 plantas en la accesión Shica y 24 plantas en la accesión Mishquiyacu, en función al rendimiento respectivamente, donde cada una de ellas corresponde a un tratamiento.

#### 2.5.5 Ubicación del Experimento

El trabajo de investigación se realizó en el Fundo de la empresa SHANANTINA S.A.C, las coordenadas geográficas de las parcelas en el que se instalaron las plantas son (18 M 0330912 y UTM 9287267).

##### a. Ubicación Política

- Distrito : Lamas
- Provincia : Lamas



- Departamento : San Martín
- Región : San Martín

#### b. Ubicación Geográfica

- Longitud Oeste : 76° 31' 44''
- Latitud sur : 06° 26' 47.3''
- Altitud : 382 m.s.n.m.m

#### c. Condiciones Ecológicas

Según Holdridge (1975), nos manifiesta que el lugar donde se realizó el presente trabajo de investigación se encuentra en la zona de vida de Bosque seco tropical (bs – T) en la selva alta del Perú, con una temperatura media anual de 22° centígrados, una precipitación total anual de 1,200 mm y una humedad relativa del 80 %.

#### d. Características Edáficas

Las condiciones edáficas del fundo de la Empresa “SHANANTINA S.A.C” donde se realizó la investigación son los siguientes: El suelo presenta una textura Arcillosa, con un pH de 7.44 – 7.71 ligeramente alcalina, Materia orgánica 3.12 – 3.35, Nitrógeno disponible 0.156 – 0.168 %, Fósforo disponible de 16.32 – 19.63 ppm, Potasio disponible 298.23 – 312.05 ppm.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO																
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS																
ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN - SUELOS																
SOLICITANTE: INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA AMAZONÍA PERUANA										FECHA DE MUESTREO: 25/10/2015						
SECTOR: SHICA										FECHA DE REPORTE: 19/11/2015						
ACCIÓN SHICA										PROYECTO DE TESIS SACHA INCHI						
																
Análisis Físico				Elementos Disponibles						Análisis Químico meq/100g						
N° M	Textura	Clase	pH	C.E. (µS)	% M.O.	% N	P (ppm)	K (ppm)	CIC	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al	Al+H	
2	35.5	42	22.5	Arcilla	7.44	417	3.35	0.168	19.63	298.23	24.87	21.03	1.98	1.1000	0.763	0.00
				pH	C.E. (µS)	% M.O.	% N	P (ppm)	K (ppm)	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	Al	Al+H		
				7.44	417	3.35	0.168	19.63	298.23	21.03	1.98	1.1000	0.00	0.000		
				Moderadamen te alcalino	No hay problemas de sales	Medio	Normal	Alto	Alto	Muy alto	Bajo	Alto				
<b>DETERMINACIONES</b>				<b>METODOLOGÍAS</b>												
TEXTURA :				MÉTODO DEL HIDRÓMETRO BOUYOUCOS												
pH :				POTENCIÓMETRO SUSPENSIÓN SUELO - AGUA 1 : 2.5												
FÓSFORO :				OLSEN MODIFICADO EXTRACCIÓN NaHCO <sub>3</sub> 0.5M; pH 8.5 FOTÓMETRO												
POTASIO, CALCIO, MAGNESIO Y SODIO :				EXTRACCIÓN CON Acetato de Amonio 1N ABSORCIÓN ATÓMICA												
MATERIA ORGÁNICA :				WALKLEY Y BLACK												
NOTA: El Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare de la Facultad de Ciencias Agrarias no es responsable de la toma de muestras en estos análisis.																
 Ing. Carlos Verde Girbau Lab. de Análisis de Suelos y Aguas Tarapoto - Tarma Facultad de Ciencias Agrarias																

Figura 4. Análisis de caracterización - suelos en la Accesión Shica

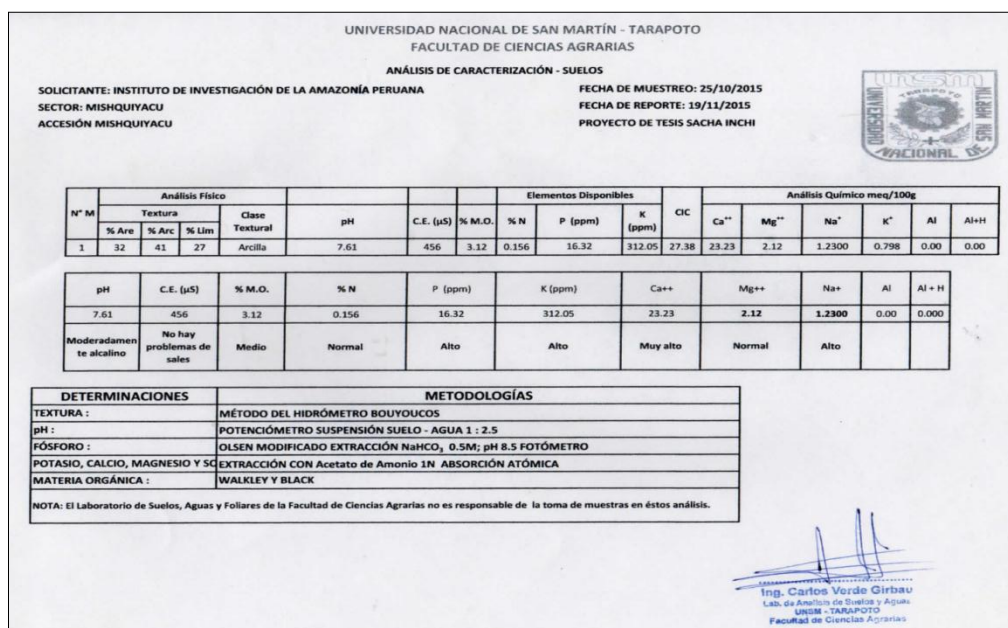


Figura 5: Análisis de caracterización - suelos en la Accesión Mishquiyacu

## 2.5.6 Ejecución del experimento

### a.- Obtención de plántulas de sachá inchi en vivero

La instalación del vivero se llevó a cabo en el fundo de la empresa SHANANTINA S.A.C, ubicado en el Distrito de Lamas, Provincia de Lamas, Región San Martín. Para la producción de plántulas de sachá inchi se emplearon semillas de dos poblaciones mejoradas obtenidas por un primer ciclo de selección masal. Estas accesiones han sido caracterizadas y seleccionadas por su alto rendimiento y tolerancia al nemátodo del nudo (*Meloidogyne incognita*).

Se produjeron 1710 plántulas de sachá inchi (870 de Shica y 840 de Mishquiyacu) y para esto se llenaron bolsas de polietileno color negro almacigueras de ½ kg empleando sustrato agrícola (57 % Suelo agrícola, 29 % Cascarilla de arroz, 14 % Humus de lombriz).

Previo a la siembra, las semillas fueron tratadas con un fungicida llamado Ridomil para chupadera 740 PM, composición química, Captan 64 % y Flutolanil 10 % y se aplicó 2.5 ‰ (Equivalente a 2.5 g/L de agua). Las semillas han sido sembradas aproximadamente a 2 cm de profundidad. La aplicación de riego fue dependiendo del requerimiento de las plantas.

Una semana después de la emergencia de las plántulas se aplicó un insecticida - nemastático sistémico llamado Oncól, ingrediente activo Benfuracarb 400 g/L, se aplicó 0.15 % (Equivalente a 1.5 ml/L de agua) y fungicida Ridomiíl, ingrediente activo contiene 40 g de Metalaxil-M + 640 g de Mancozeb, se aplicó 2.5 % (Equivalente a 2.5 g/L de agua). Cuando las plántulas presentaron el tercer par de hojas (aproximadamente a los 45 días) fueron trasplantados a campo definitivo.



*Figura 6: Accesión Shica.*



*Figura 7: Accesión Mishquiyacu*

#### **b.- Preparación del terreno**

El terreno donde se realizó los trabajos de investigación se encontraron totalmente enmalezados (bosque secundario). Se cultivaron 02 parcelas de 51 m de ancho x 75 m de largo, haciendo un área total de 3825 m<sup>2</sup>, además se dejó 10 m de barrera viva entre parcelas; todo el trabajo de preparación de terreno se desarrolló con ayuda de machetes y motoguadaña.



*Figura 8: Preparación de terreno.*



*Figura 9: Parcela cultivada.*



### c.- Instalación del sistema de tutoraje en espalderas

Para la instalación de los tutores en espalderas se realizó el cuadrado de las parcelas con el método del triángulo rectángulo en los cuatro extremos de ambas parcelas, seguidamente el diseño y alineamiento que consistió en la ubicación de los puntos para el fijado de los tutores muertos con un distanciamiento de 6 m entre filas x 3 m entre columnas, posteriormente la excavación y fijación de tutores (madera Quinilla de 2.30 m de largo), para ello se realizó hoyos de 50 cm de profundidad.

Posteriormente se hizo la preparación y colocación de los puntales que sirvieron como templadores a los extremos de cada fila en las dos parcelas experimentales, así mismo, la distribución y templado del alambre galvanizado número 14 en cada una de las filas de las dos parcelas de investigación, la primera fila se engrapó a 0.8 m del suelo y la segunda fila a 1.6 m del suelo.



*Figura 10:* Traslado de los postes.



*Figura 11:* Prendimiento de los postes.

### d.- Siembra en campo definitivo y estratificación de las parcelas.

Previo a la siembra en campo definitivo se realizó una aplicación foliar con Enzipróm, que está compuesta por Nitrógeno Orgánico (N) 60.00 g/L, Carbono Orgánico (C) 198.70 g/L, Ácido fólico 0.20 g/L y se aplicó 0.25 %, (Equivalente a 2.5 ml/L de agua) con la finalidad de evitar el estrés en las plantas, producto del traslado y cambio de ambiente, por otra parte con el objetivo de controlar enfermedades causadas por hongos se aplicó el fungicida (Ridomíl: 40 g de Metalaxil-M + 640 g de Mancozeb), con una dosificación de 2.5 g/L de agua.

Para la instalación de las plantas en campo definitivo, con ayuda de una poceadora se excavaron hoyos con un distanciamiento de 3 m entre filas x 3 m entre columnas con un calado de 10 cm x 10 cm de diámetro. Luego se sembraron las plantas de las dos accesiones en cada una de las parcelas.

Se realizó la estratificación en cada parcela de investigación, correspondiente a cada accesión, así la parcela de la accesión Shica tuvo en total 400 plantas, divididos en 5 estratos de 80 plantas cada uno. La accesión Mishquiyacu tuvo la misma distribución.



*Figura 12:* Poseo para la siembra



*Figura 13:* Siembra en campo definitivo.

#### **e.- Manejo agronómico**

Se realizó un conjunto de actividades con el fin de darle las condiciones adecuadas para el buen desarrollo de las plantas de Sacha inchi, para ello después de los 15 días de haber realizado la siembra en campo definitivo, se procedió a hacer el recalce de las plantas muertas en las dos parcelas de investigación.

Posteriormente se realizó una aplicación foliar de Bayfolán que está compuesta de Nitrógeno Forte (11.47 %), Fósforo Forte (8 %) y Potasio Forte (6 %) entre los más relevantes, se aplicó una dosis de 5 ml/L de agua y de este modo el insecticida - nemastático (Oncól, producto activo Benfuracarb 400 g/L), con una proporción de 1.5 ml/L de agua, también el Fungicida Ridomíl (Para chupadera 740 PM: Captan 64 % y flutolanil 10 %), con una dosificación de 2.5 g/L de agua, junto a ello el Bioestimulante (Enzipróm: Carbono Orgánico (C) 198.70 g/L, Nitrógeno Orgánico

(N) 60.00 g/L), se empleó 2.5 ml/L de agua y el adherente (LI 700, 1.5 ml/L de agua), todo esto se realizó con un intervalo de 15 días por los tres primeros meses, con el objetivo de aportar de manera inmediata nutrientes para acelerar el desarrollo vegetal y mejorar la calidad de las hojas, previniendo el ataque de hongos e insectos como chinches, pulgones, larvas, trips y hormigas.

Dentro de las labores agronómicas también se realizó el plateado y control de malezas, que consistió en eliminar todas las plantas ajenas al cultivo dentro de la parcela, con la finalidad de evitar la competencia de nutrientes, mejorar la absorción del agua, desarrollo de raíces y por consecuencia mejorar la productividad. Esta labor se desarrolló con frecuencia de 30 días.

Debido a que las plantas iniciaron la emisión de guías, se realizó la poda y el guiado con ayuda de tijeras podadoras e hilo pabilo. La actividad de la poda consistió en eliminar todos los brotes que se encuentren por debajo de la copa del tutor o el primer alambre, de tal manera que el tallo forme una "horqueta" o la falsa "y"; el guiado consistió en orientar las dos principales ramas del Sacha Inchi al segundo alambres (1.6 m), en forma de "V".

El objetivo fue formar la estructura de la planta, mejorar la distribución de la luz, facilitar la aireación y permitir la distribución de frutos en lugares accesibles para la cosecha, esta actividad fue constante hasta el inicio de la primera cosecha.



*Figura 14:* Poda y guiado de plantas de sachu inchi. *Figura 15:* Limpieza de malezas.

### 2.5.7 Determinación de la fenología del sachá inchi.

Para determinar el periodo fenológico de las plantas, en cada una de las accesiones se consideró los siguientes indicadores (adaptado de Cruz, 2013).

- **Inicio de floración**

El inicio de floración se consideró cuando el 10 % de las plantas evaluadas por estrato presentaron la aparición de los primeros primordios florales. La evaluación se realizó planta por planta.

- **Máxima floración**

La máxima floración se consideró cuando el 75 % de plantas evaluadas por estrato presentaron flores estaminadas y pistiladas completas. Es decir, presentaron flores masculinas y femeninas. La evaluación se realizó planta por planta.

- **Inicio de Fructificación**

El inicio de fructificación se evaluó, cuando se observó que menos del 50 % de plantas evaluadas por estrato ya iniciaron la formación de los primeros frutos.

- **Máxima Fructificación**

La máxima formación de frutos se evaluó, cuando más del 50 % de plantas evaluadas por estrato presentaron frutos bien definidos.

- **Maduración**

Se realizó la evaluación cuando los frutos de las plantas empezaron a tornarse de color verde a un color negruzco, que finalmente se convirtió en marrón oscuro o negro cenizo. La evaluación de maduración se realizó planta por planta en las dos parcelas de investigación, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Que al menos un fruto por planta se encuentre en el proceso de cambio de color para considerar a dicha planta en estado de maduración.
- Que el 75 % de plantas por estrato se encuentren con frutos en estado de maduración, de esto dependerá el inicio de la cosecha.



- **Inicio de Cosecha**

Se realizó considerando que los frutos se hayan tornado de color marrón oscuro o negro cenizo y estén aptos para la cosecha. La primera cosecha se realizó a los 234 d.d.t, las demás cosechas se realizó con frecuencia de 15 días entre cosecha.

### 2.5.8 Selección de poblaciones mejoradas de sachá inchi por rendimiento

La cosecha se realizó cada 15 días y por lo cual se determinó el rendimiento planta por planta en cada uno de los estratos de cada parcela de investigación, considerando los siguientes indicadores (adaptado de Cruz, 2013).

- **Número de cápsulas por planta (N°)**

Se realizó el conteo de cápsulas cosechadas planta por planta, cada 15 días, durante los 6 primeros meses.



*Figura 16: Número de cápsulas por planta*

- **Peso de cápsulas por planta (Kg)**

Este indicador se obtuvo pesando las semillas y cáscara de cada planta en cada cosecha, con ayuda de una balanza de precisión, durante los 6 primeros meses.

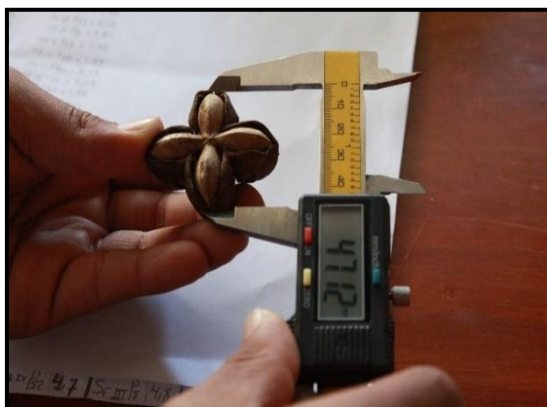


*Figura 17: Peso de cápsulas por planta*



- **Diámetro de cápsula (cm)**

Las mediciones se efectuaron en la parte más ancha de la cápsula tomándose 4 cápsulas al azar por planta en cada cosecha. La medición se realizó con ayuda de un Vernier electrónico.



*Figura 18: Diámetro de cápsulas*

- **Número de semillas por cápsula (N°)**

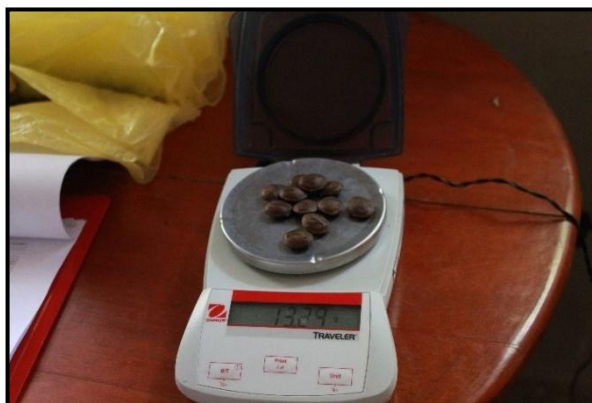
Se determinó contando el número de semillas de 4 cápsulas por planta tomadas al azar en cada cosecha.



*Figura 19: Número de semillas por cápsula*

- **Peso de semillas (Kg)**

Se determinó pesando las semillas de las cápsulas cosechadas por planta cada 15 días. Este valor nos proporcionó el rendimiento por planta, el peso se realizó con ayuda de una balanza de precisión.



*Figura 20: Peso de semillas*

- **Peso de cáscara (Kg)**

Se determinó pesando la cáscara de las cápsulas cosechadas por planta cada 15 días, con ayuda de una balanza de precisión.



*Figura 21: Peso de cáscara*

- **Diámetro de semillas (cm)**

Se determinó el diámetro de semillas en cada cosecha, las mediciones se efectuaron en la parte más ancha de la semilla con ayuda de un vernier electrónico, tomándose 16 semillas de cada planta.



*Figura 22: Diámetro de semillas*

- **Peso de 100 semillas (gr)**

Se determinó el peso de 100 semillas en cada cosecha que se realizó, por cada planta que presentaba mayor o igual a 25 cápsulas.



*Figura 23: Peso de 100 semillas*

- **Rendimiento de semillas por planta (Kg/Planta)**

El rendimiento por planta se obtuvo dividiendo entre 1000 al peso total en gramos en cada cosecha por planta.



*Figura 24: Rendimiento de semillas por planta*

- **Rendimiento de semillas por hectárea (Kg/Hectárea)**

El rendimiento por hectárea se calculó multiplicando por un factor (número de plantas por hectárea) respectivamente.

Previo a las evaluaciones de los indicadores por rendimiento, las cápsulas de sachá inchi cosechadas cada 15 días fueron colocados en el secador solar, ubicado en las instalaciones del IIAP – San Martín, por 7 días aproximadamente las cápsulas fueron expuestas a la alta temperatura en el secador solar.



*Figura 25: Rendimiento de semillas por hectárea*

## **2.5.9 Ensayos de tolerancia al nemátodo del nudo**

### **a. Propagación botánica del cultivo de sachá inchi**

Se propagó semillas de sachá inchi de todas aquellas plantas seleccionadas por rendimiento, de ambas accesiones en estudio (Shica y Mishquiyacu) en invernadero, ubicados en las instalaciones del IIAP – San Martín. Todo esto con la finalidad de producir nuevas plántulas de sachá inchi.

Para lo cual en la accesión Shica se produjeron 27 plantas (tratamientos), con 5 repeticiones cada una, haciendo un total de 135 plantas. Sin embargo, para la accesión Mishquiyacu se produjeron 24 plantas, con 5 repeticiones cada una, haciendo un total de 120 plantas. Para esto se llenaron bolsas de polietileno color negro almacigueras (15 cm x 30 cm) de 1 Kg, empleando sustrato agrícola estéril (100 % tierra negra).

Previo a la siembra, las semillas de sachá inchi seleccionadas, fueron tratadas con hipoclorito de sodio al 5 % con la finalidad de eliminar cualquier agente patógeno presente en la semilla, posteriormente esas semillas han sido sembradas aproximadamente a 2 cm de profundidad, colocando dos semillas por planta.

La aplicación de riego fue manualmente con un aspersor, dependiendo del requerimiento de las plantas.



Figura 26: Propagación botánica del cultivo de sachá inchi. Fuente: Elaboración Propia (2016).

#### b. Obtención del inóculo de *M. incognita*

Para la obtención de huevos y juveniles (J2), de nemátodo *Meloidogyne incognita* se hizo una fuente de inóculo en maceteros con suelo completamente infestados con *Meloidogyne incognita* en plantas de tomate, en las instalaciones del IIAP – San Martín. También se colectaron raíces de sachá inchi con nódulos, infestados por el nemátodo *M. incognita* (Márquez *et al.*, 2013).

Las raíces fueron lavadas con agua de caño, cortando aquellos que tuvieron nódulos, en trozos de aproximadamente 2 cm de longitud.

Seguidamente estos tejidos fueron triturados con ayuda de un pilón de madera y trasferidos a un frasco que contiene agua destilada, más solución de hipoclorito de sodio al 0.5 % por 2 minutos en agitación constante (manualmente). Luego se procedió a tamizar y lavar con abundante agua destilada. Se utilizaron tamices de 425, 38  $\mu\text{m}$ .

Los huevos y los individuos juveniles (J2) del nemátodo atrapados en el tamiz de 38  $\mu\text{m}$ , fueron colectados con ayuda de una pizeta y transferidos a un vaso de prueba de 1000 ml.

Con ayuda de un microscopio compuesto se cuantificó la concentración de huevos y J2 en la solución madre, para ello se utilizó una alícuota conteniendo



20 microlitros de la suspensión y transferido a una lámina porta objeto para el conteo, expresando el resultado en huevos por 100 centímetros cúbico de suelo (h/100 cc), todo el proceso de obtención del inóculo se llevó a cabo en el laboratorio de fitopatología del IIAP – SM.

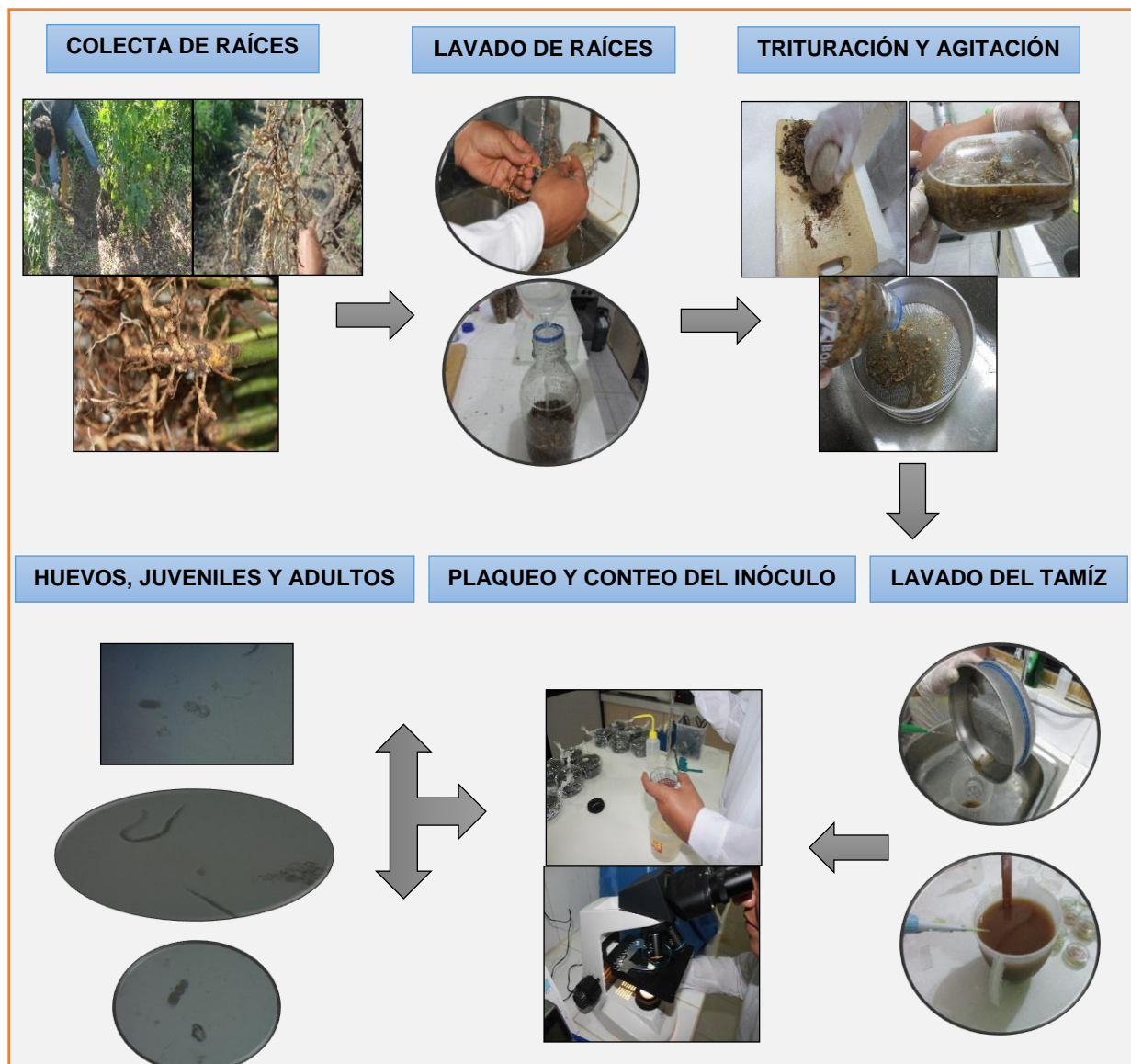


Figura 27: Obtención del Inóculo (*Meloidogyne incognita*). Fuente: Elaboración Propia (2016).

### c. Infestación de plántulas de sachá inchi con *M. incognita*

Para la infestación de raíces de sachá inchi se removió el suelo a 2 cm de profundidad y se incorporó huevos y juveniles (J2) de *Meloidogyne incognita* con ayuda de una jeringa hipodérmica de 10 ml a una concentración de 120 huevos y juveniles (J2) por 100 centímetros cúbicos de suelo (huevos/100 ccs).

En seguida el inóculo se cubrió con el suelo para evitar la muerte de los huevos y juveniles de nemátodos, las plantas inoculadas fueron dejados en incubación en condiciones de vivero a temperatura ambiente y con humedad constante a capacidad de campo por un periodo de  $28 \pm 2$  días (Márquez *et al.*, 2007).

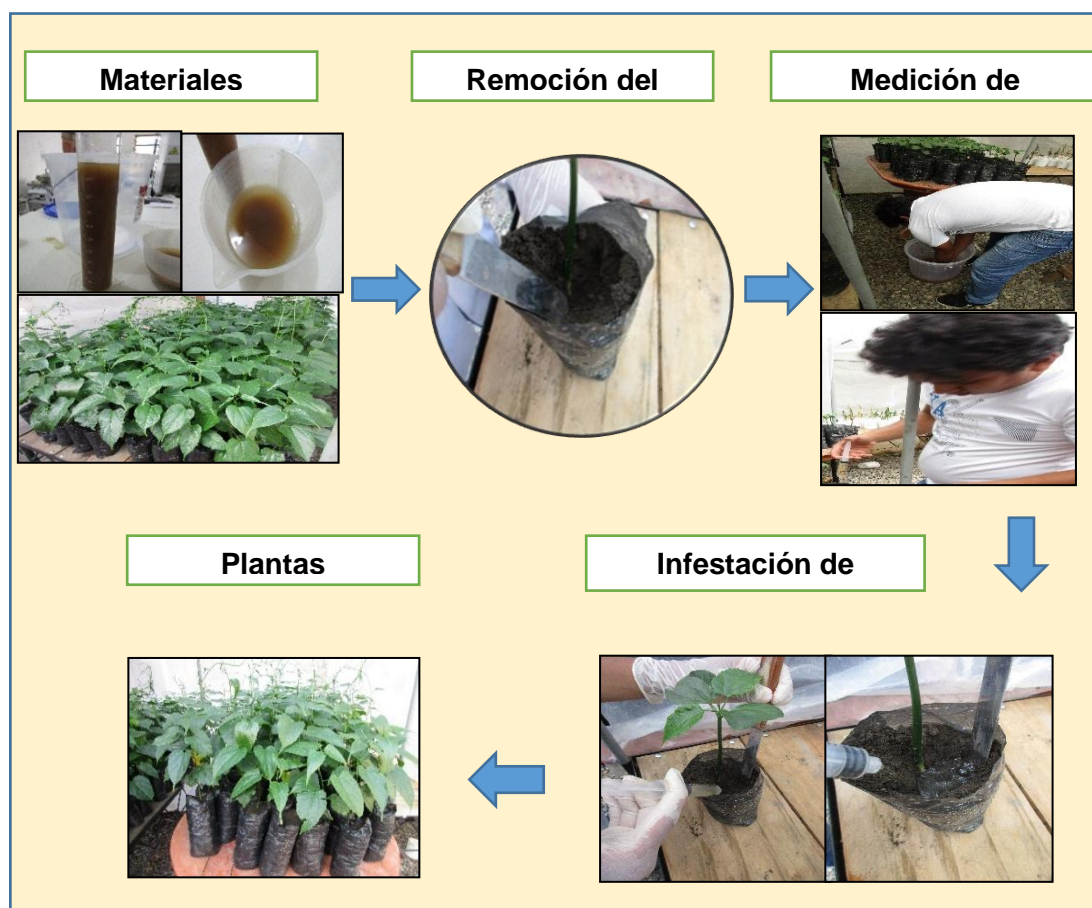


Figura 28: Infestación de plantas con *Meloidogyne incognita*. Fuente: Elaboración Propia (2016).

#### d. Cuantificación de nódulos y medición de longitud de raíces.

Las plantas fueron sacrificadas evitando romper las raíces al momento de eliminar el sustrato y luego las raíces fueron lavadas cuidadosamente con abundante agua de caño.

Se cuantificó el número de nódulos inducidos por *Meloidogyne incognita* por sistema radicular y medir longitud de raíz, esta última variable se calculó usando el programa Image Analysis Software for Plant Disease Quantification (ASSESS). Con estos dos datos se realizó el análisis de variancia (ANVA) y las medias fueron comparadas usando la prueba de Duncan ( $P = 0.05$ ) con la ayuda

del programa estadístico InfoStat. Previamente todos los datos de cuantificación de nódulos fueron transformados a  $\sqrt{x} + 0.5$  (Márquez *et al.*, 2007).

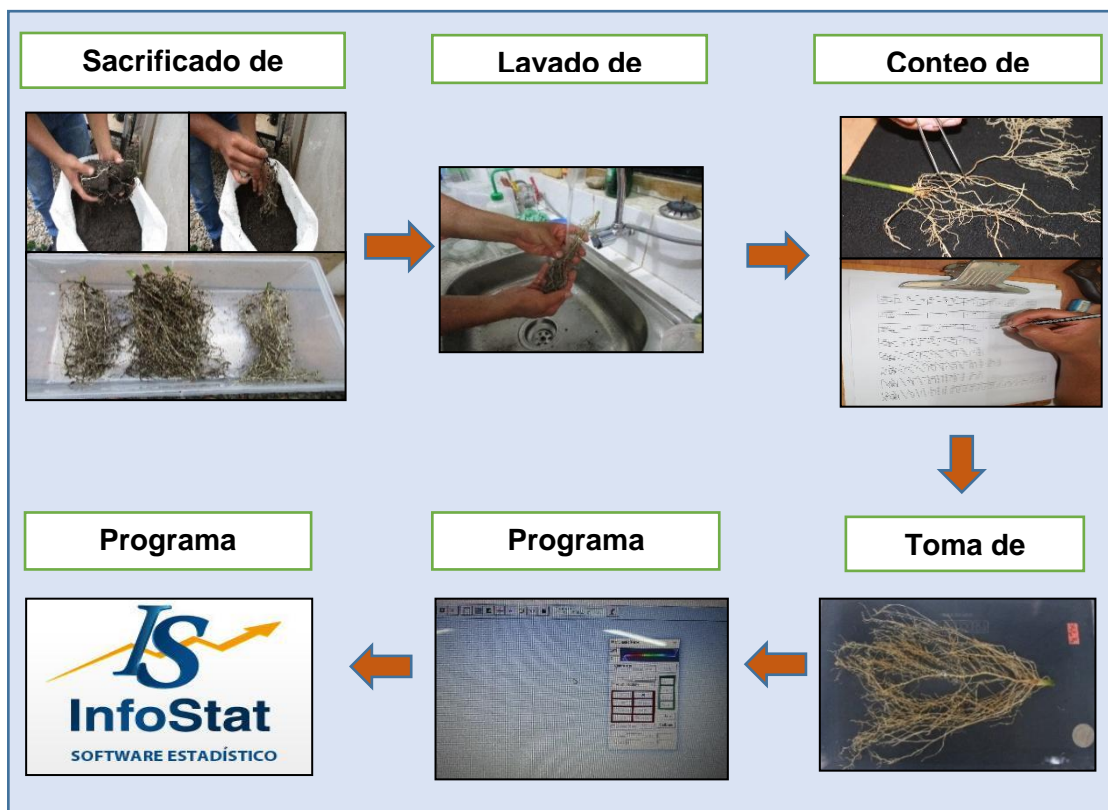


Figura 29: Cuantificación de nódulos y medición de raíces. Fuente: *Elaboración Propia* 2016.



## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Resultados

##### 3.1.1 Evaluación de adaptación de plantas de sachá inchi en campo definitivo a los 45 d.d.s.

Se realizó la evaluación de adaptación de plantas de sachá inchi, todo esto con la finalidad de saber el número total de plantas que lograron adaptarse en campo definitivo en las dos parcelas de investigación.

Tabla 7

*Número de plantas adaptadas en la Accesión Shica.*

<b>Accesión Shica</b>			
<b>Estratos</b>	<b>N° de Plantas</b>	<b>N° de Plantas</b>	<b>% de Plantas</b>
	<b>Instaladas</b>	<b>Adaptadas</b>	<b>Adaptadas</b>
<b>I</b>	80	80	100
<b>II</b>	80	79	98.75
<b>III</b>	80	79	98.75
<b>IV</b>	80	72	90
<b>V</b>	80	76	95

Tabla 8

*Número de plantas adaptadas en la Accesión Mishquiyacu.*

<b>Accesión Mishquiyacu</b>			
<b>Estratos</b>	<b>N° de Plantas</b>	<b>N° de Plantas</b>	<b>% de Plantas</b>
	<b>Instaladas</b>	<b>Adaptadas</b>	<b>Adaptadas</b>
<b>I</b>	80	73	91.25
<b>II</b>	80	75	93.75
<b>III</b>	80	75	93.75
<b>IV</b>	80	77	96.25
<b>V</b>	80	77	96.25

### 3.1.2 Evaluación de vigorosidad de plantas de sachá inchi en ambas accesiones.

Previo a la selección negativa se llevó a cabo la evaluación de vigorosidad de todas aquellas plantas que lograron adaptarse en ambas parcelas de investigación (Shica y Mishquiyacu).

La evaluación del vigor se realizó considerando sanidad y altura de planta de acuerdo a la Tabla 5. La evaluación de sanidad se desarrolló de manera visual planta por planta, observando principalmente el área foliar en las dos parcelas de investigación y la altura se midió con una wincha y regla.

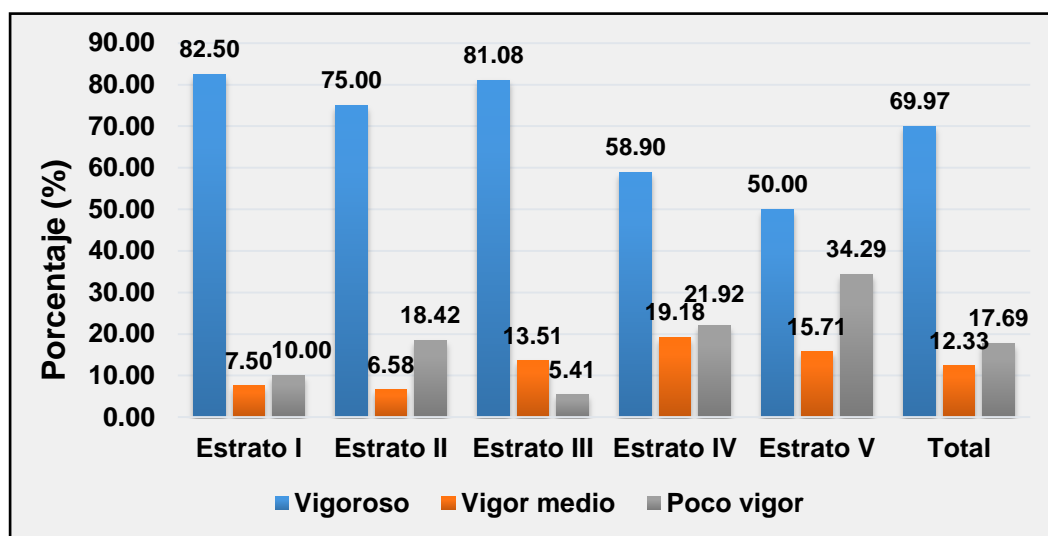


Figura 30: Evaluación de vigorosidad en porcentaje (Accesión Shica).

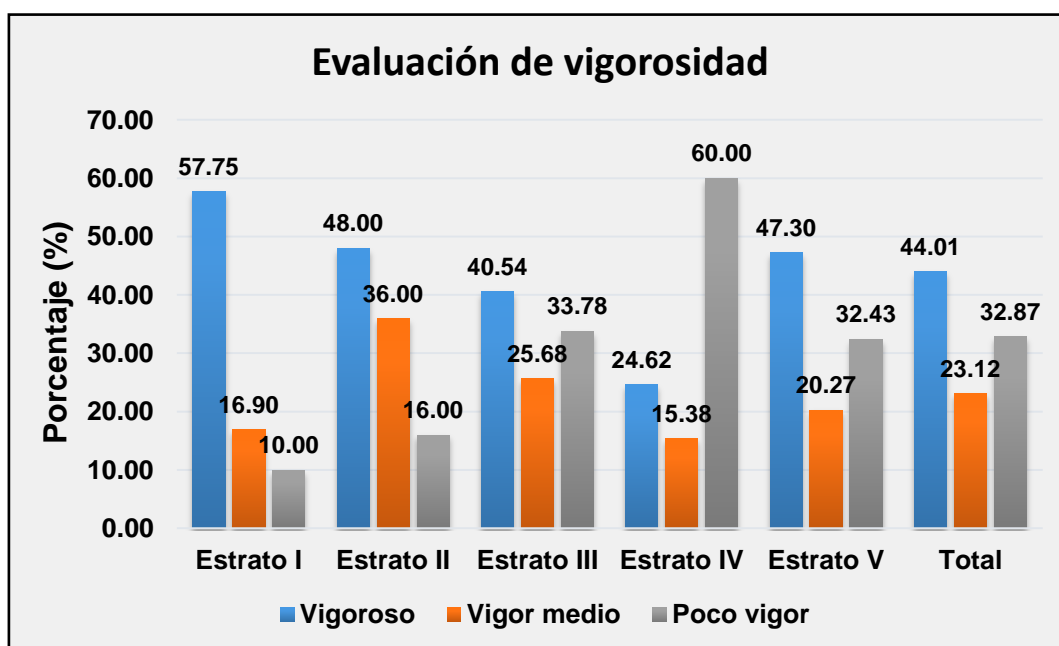


Figura 31: Evaluación de vigorosidad en porcentaje (Accesión Mishquiyacu).

### 3.1.3 Selección negativa de plantas de sachá inchi en ambas accesiones

En cada parcela, de forma independiente, se realizó la selección negativa, donde se determinaron porcentajes en cada estrato, se estableció la intensidad de selección negativa y se eliminaron aquellas plantas calificadas como poco vigorosas antes que inicien el proceso de floración y así evitar la polinización con plantas de buen comportamiento.

Tabla 9

*Plantas muertas por selección negativa (ISN: 10%).*

Accesión	SHICA					MISHQUIYACU				
Estratos	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
N° de plantas antes de la selección negativa	80	75	75	73	70	71	75	72	65	70
Muerte por selección negativa (10%)	SE1P6	SE2P7	SE3P26	SE4P1	SE5P1	ME1P12	ME2P1	ME3P51	ME4P4	ME5P8
	SE1P11	SE2P12	SE3P28	SE4P23	SE5P5	ME1P29	ME2P2	ME3P52	ME4P16	ME5P11
	SE1P12	SE2P38	SE3P29	SE4P38	SE5P10	ME1P54	ME2P12	ME3P54	ME4P26	ME5P22
	SE1P15	SE2P61	SE3P42	SE4P49	SE5P19	ME1P59	ME2P19	ME3P60	ME4P27	ME5P31
	SE1P16	SE2P63	SE3P51	SE4P51	SE5P20	ME1P63	ME2P59	ME3P65	ME4P38	ME5P33
	SE1P27	SE2P73	SE3P57	SE4P65	SE5P23	ME1P75	ME2P72	ME3P66	ME4P44	ME5P49
	SE1P43	SE2P78	SE3P58	SE4P78	SE5P45	ME1P76	ME2P80	ME3P67		ME5P50
	SE1P46									
Índice de selección negativa	10%	9.33%	9.33%	9.58%	10%	9.85%	9.33%	9.72%	9.23%	10%
ISN/Accesión	9.65%					9.63%				
N° de plantas después de la selección negativa	72	68	68	66	63	64	68	65	59	63

\* S: Shica \* M: Mishquiyacu \* E: Estrato \* P: Planta \* ISN: Índice de selección negativa

Fuente: Elaboración Propia 2016

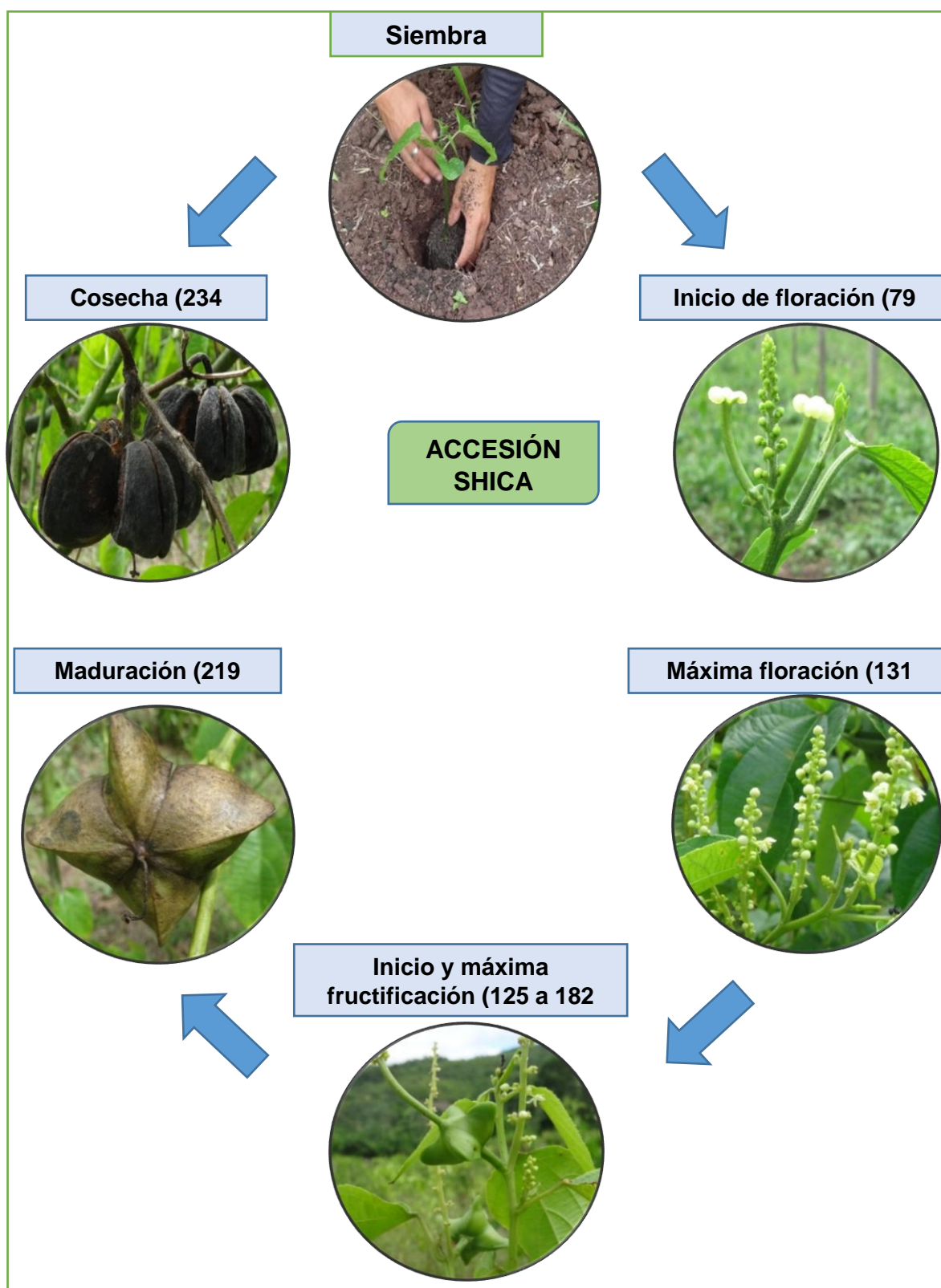
### 3.1.4 Fenología de las dos accesiones en estudio

Se determinó el periodo fenológico de las plantas, en ambas accesiones en estudio para lo cual se consideró los siguientes indicadores (adaptado de Cruz, 2013).

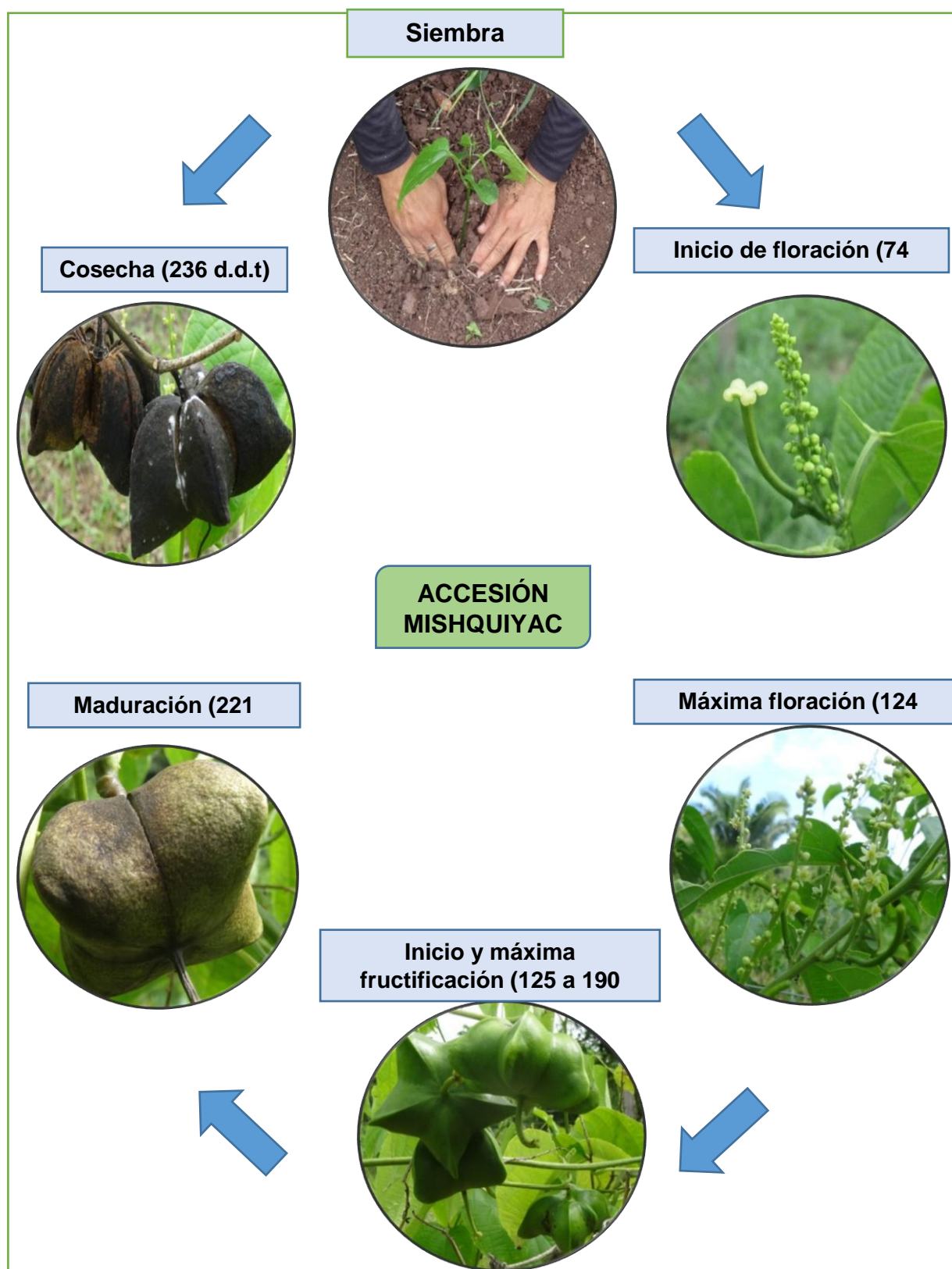
Tabla 10

*Fenología evaluada en el segundo ciclo de selección masal visual estratificada en las accesiones Shica y Mishquiyacu.*

INDICADORES	ACCESIÓN SHICA	ACCESIÓN MISHQUIYACU
Floración	79 - 131 d.d.t	74 - 124 d.d.t
Fructificación	125 - 182 d.d.t	125 - 190 d.d.t
Maduración	219 d.d.t	221 d.d.t
Inicio de cosecha	234 d.d.t	236 d.d.t



*Figura 32:* Desarrollo fenológico de la Accesión Shica bajo las condiciones edafoclimáticas en la Provincia de Lamas. Fuente: Elaboración Propia 2016



*Figura 33:* Desarrollo fenológico de la Accesión Mishquiyacu bajo las condiciones edafoclimáticas en la Provincia de Lamas. Fuente: Elaboración Propia 2016

### 3.1.5 Selección de poblaciones mejoradas de sachá inchi por rendimiento

Se realizó 12 cosechas de frutos de sachá inchi, correspondientes a 6 meses de producción. Luego de evaluar o procesar los resultados bajo un análisis estadístico se seleccionaron las plantas que presentaron mejor rendimiento en cada parcela de investigación.

#### 3.1.5.1 Selección de poblaciones mejoradas de sachá inchi - Acceso Shica

En los siguientes gráficos se muestran los valores máximos, mínimos y promedio general de 10 indicadores evaluados en el segundo ciclo de selección masal visual estratificada.

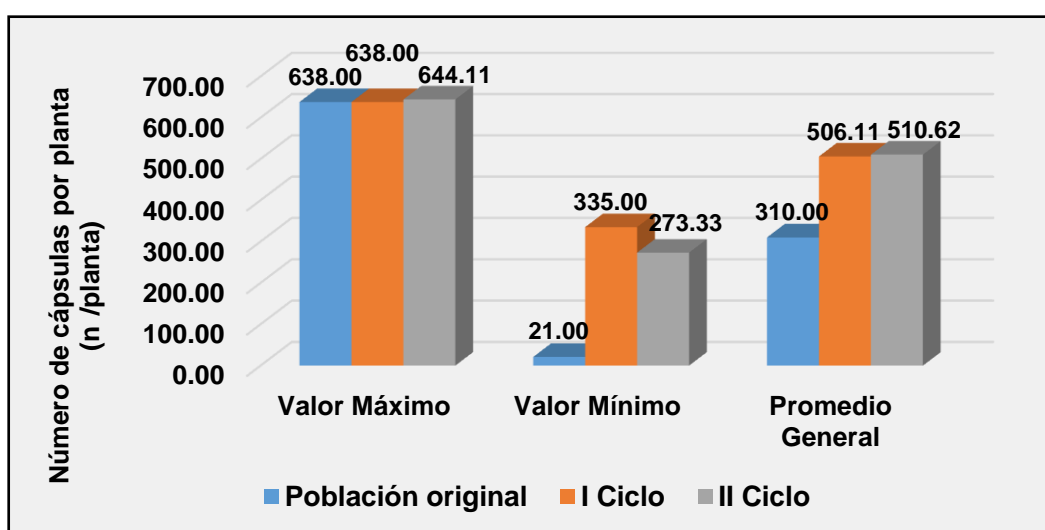


Figura 34: Valores máximos, mínimos y promedios en el indicador número de cápsulas por planta sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Acceso Shica.

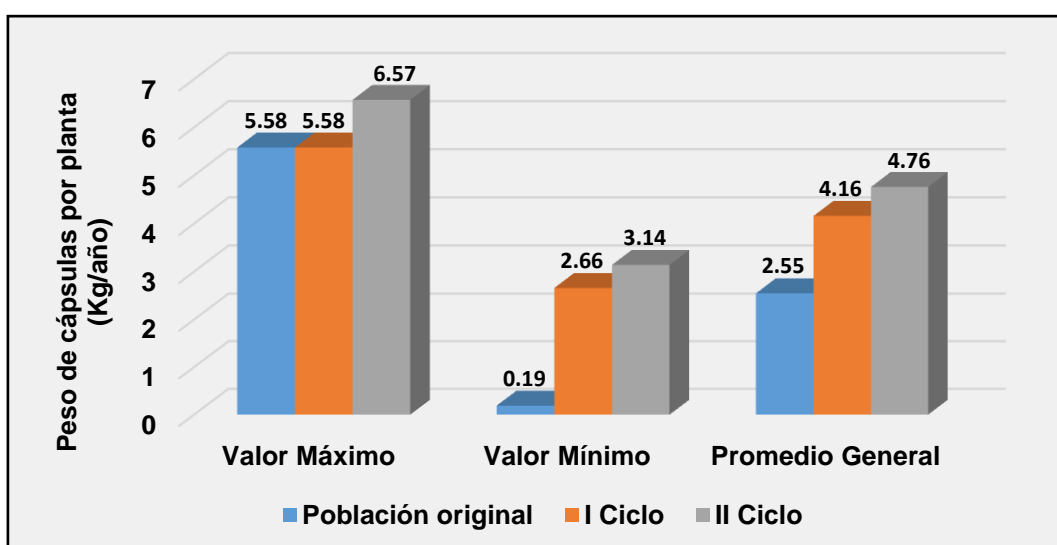


Figura 35: Valores máximos, mínimos y promedios en el indicador peso de cápsulas por planta sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Acceso Shica.

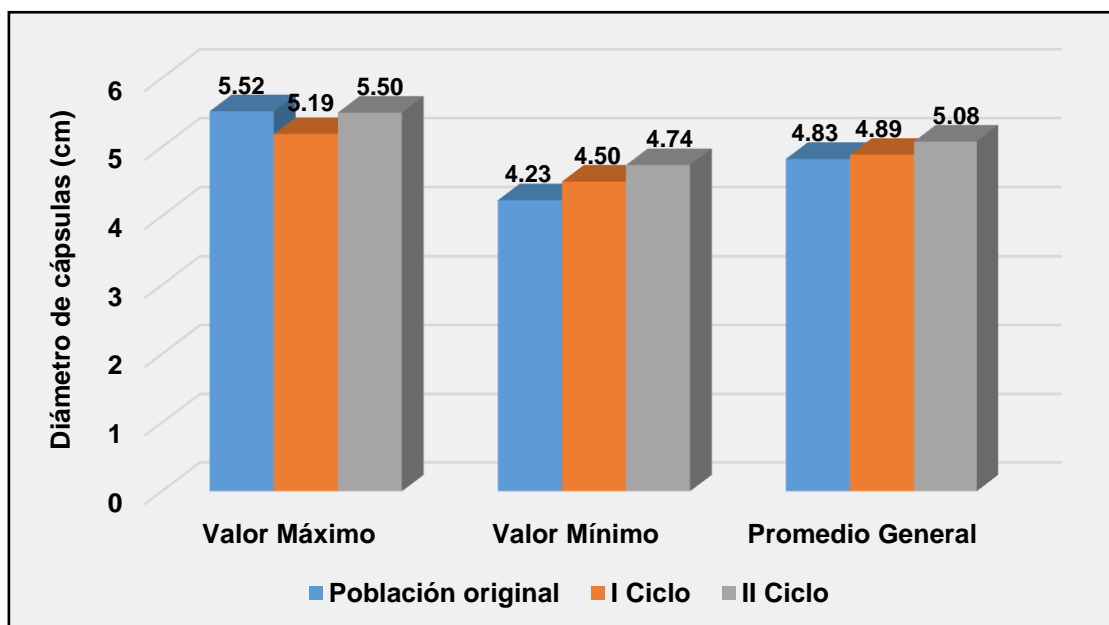


Figura 36: Valores máximos, mínimos y promedios en el indicador diámetro de cápsulas sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesoión Shica.

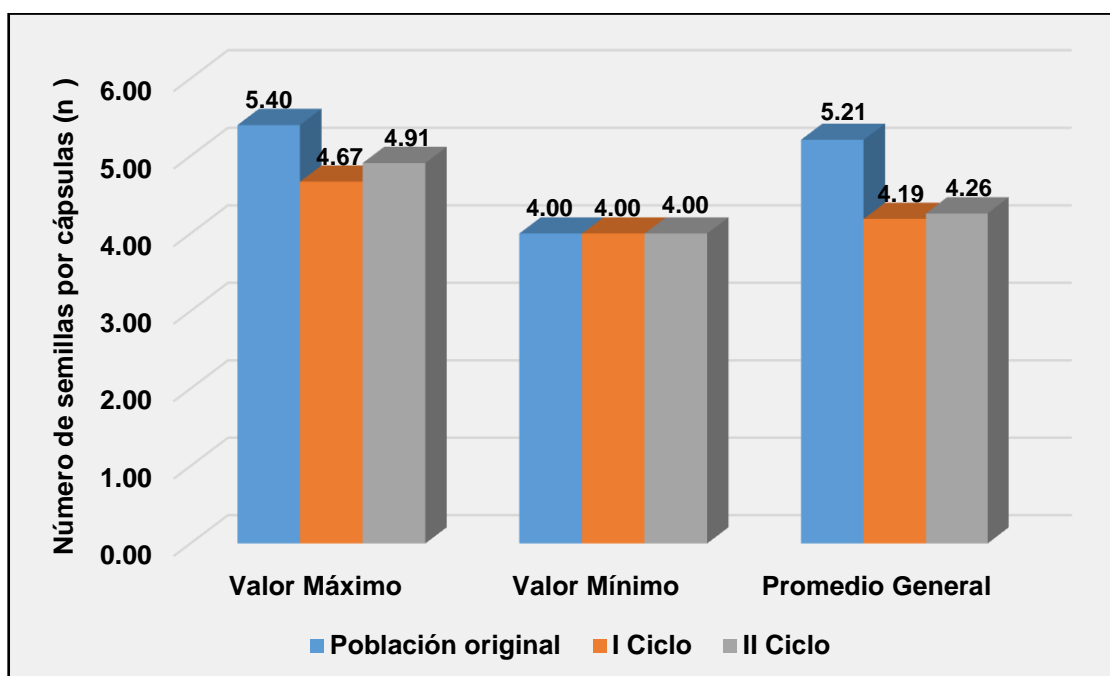


Figura 37: Valores máximos, mínimos y promedios en el indicador número de semillas por cápsulas sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesoión Shica.

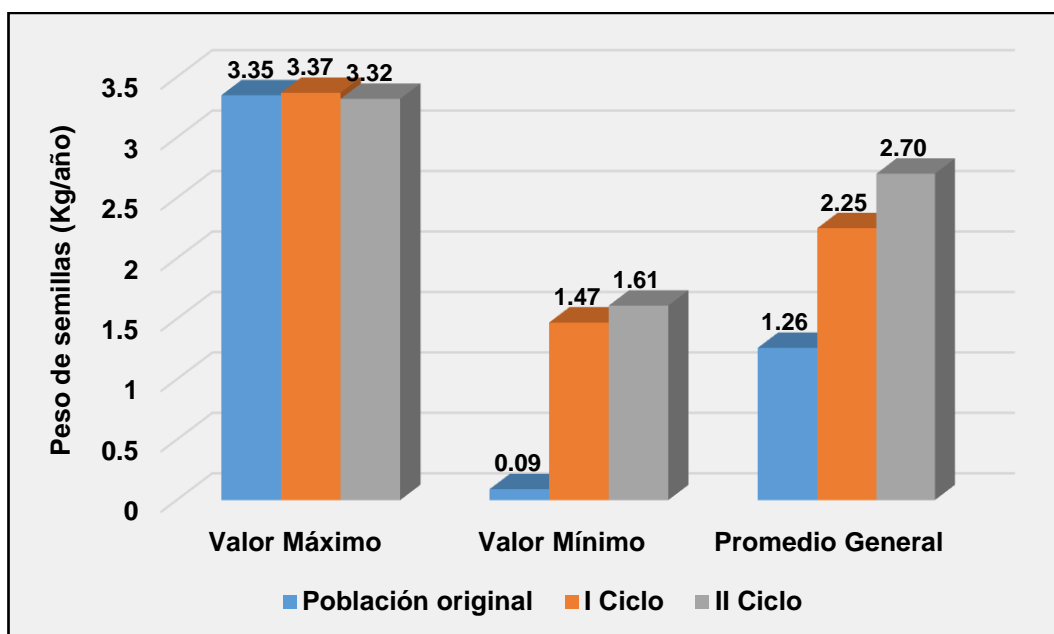


Figura 38: Valores máximos, mínimos y promedios en el indicador peso de semillas sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica.

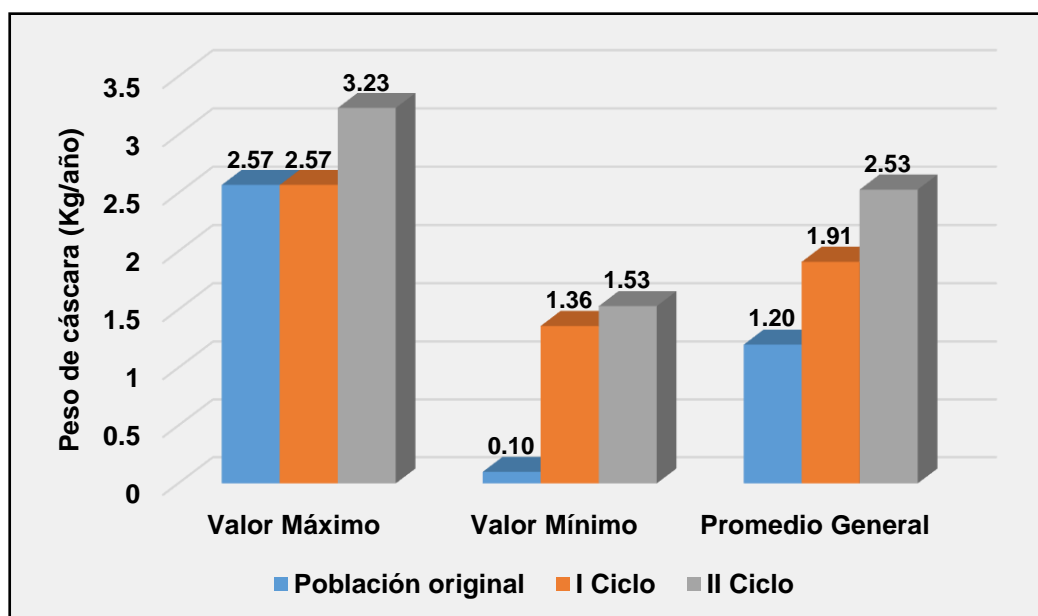


Figura 39: Valores máximos, mínimos y promedios en el indicador peso de cáscara sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica.



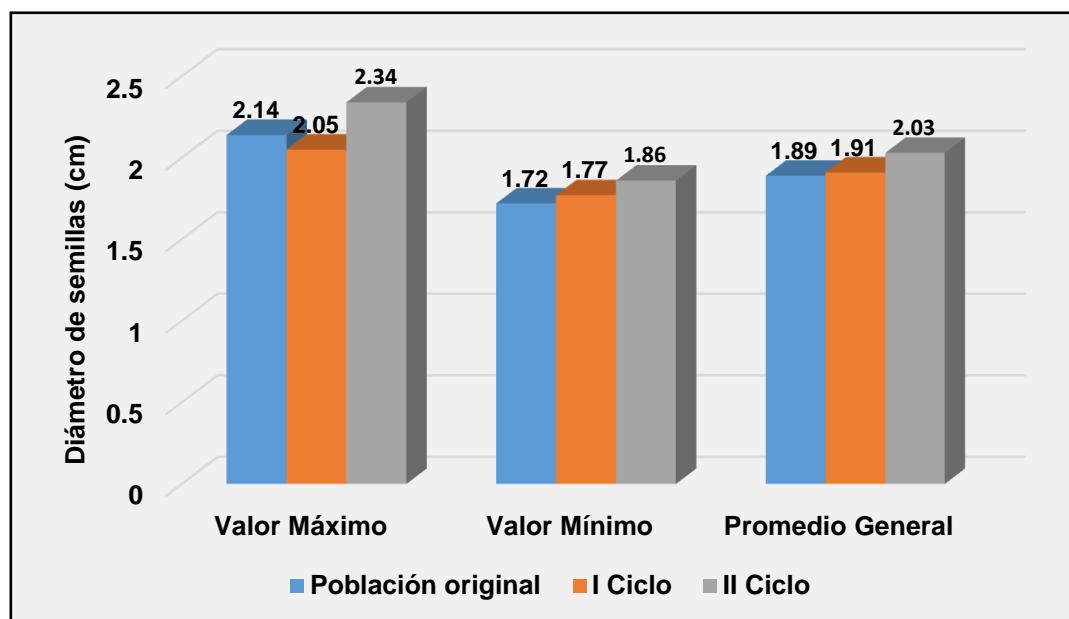


Figura 40: Valores máximos, mínimos y promedios en el indicador diámetro de semillas sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica.

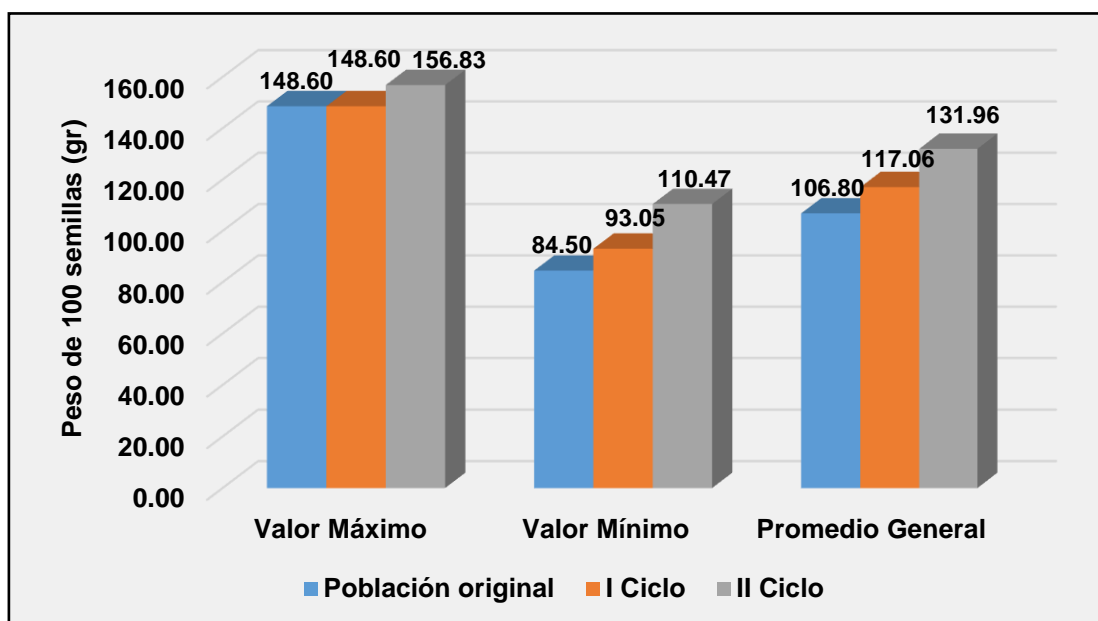


Figura 41: Valores máximos, mínimos y promedios en el indicador peso de 100 semillas sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica.

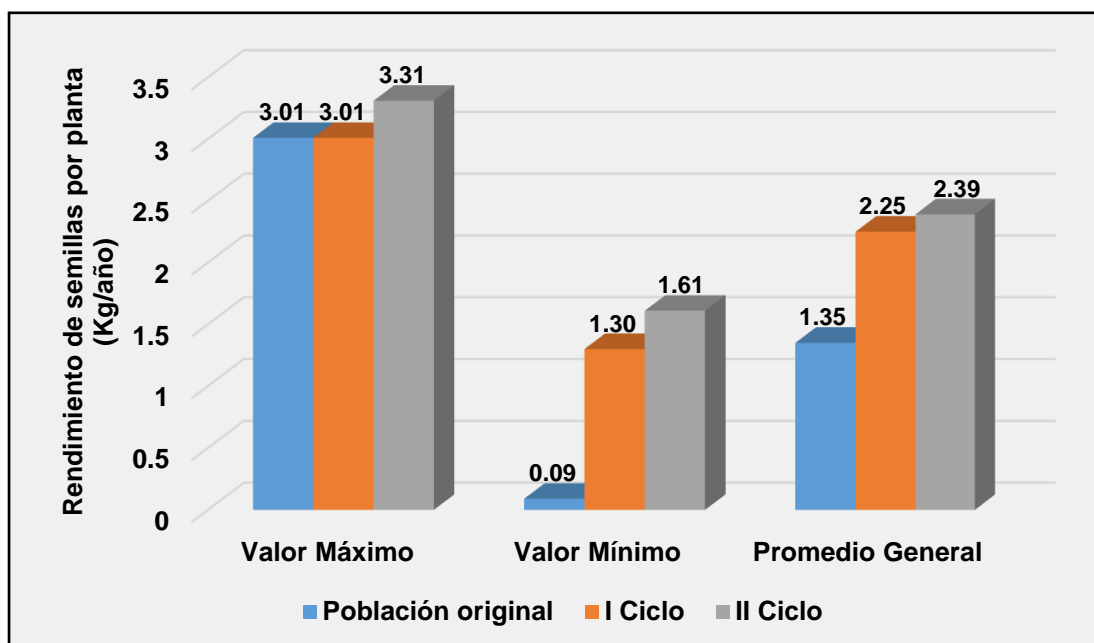


Figura 42: Valores máximos, mínimos y promedios en el indicador rendimiento de semillas por planta sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica.

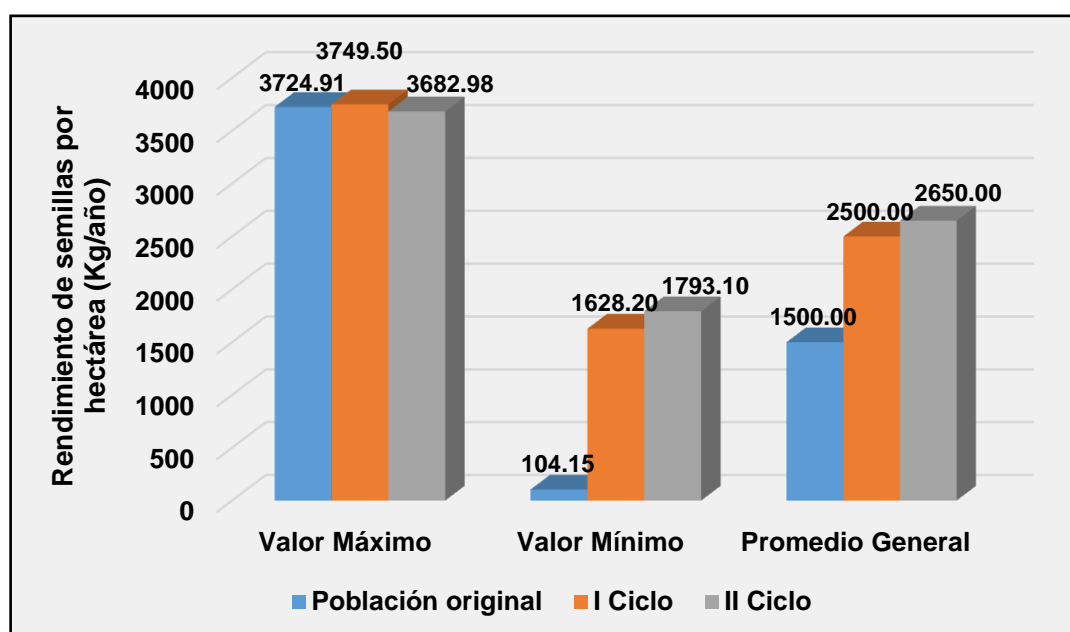


Figura 43: Valores máximos, mínimos y promedios en el indicador rendimiento de semillas por hectárea sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica.

Luego de este proceso se seleccionaron las plantas que presentaron mejor rendimiento en cada estrato haciendo un total de 27 plantas seleccionadas en la accesión Shica.

Tabla 11

*Plantas seleccionadas por rendimiento en el segundo ciclo de selección masal estratificada de la Accesión Shica. Datos ajustados de acuerdo a Molina (1983).*

Rangos de rendimiento	Frecuencia	Plantas seleccionadas
1093.23 – 1268.03	14	E1P20, E1P24, E1P38, E1P39, E1P50, E1P52, E1P54, E1P66, E1P73, E2P4, E2P8, E2P9, E2P14, E2P29, E2P50, E4P22, E5P40.
1268.03 – 1442.82	7	E1P22, E2P18, E5P29, E5P74
1442.82 – 1617.61	6	E1P21, E1P37, E2P20, E2P36, E3P3, E4P3

**Índice de selección final: 6.75 %**

Tabla 12

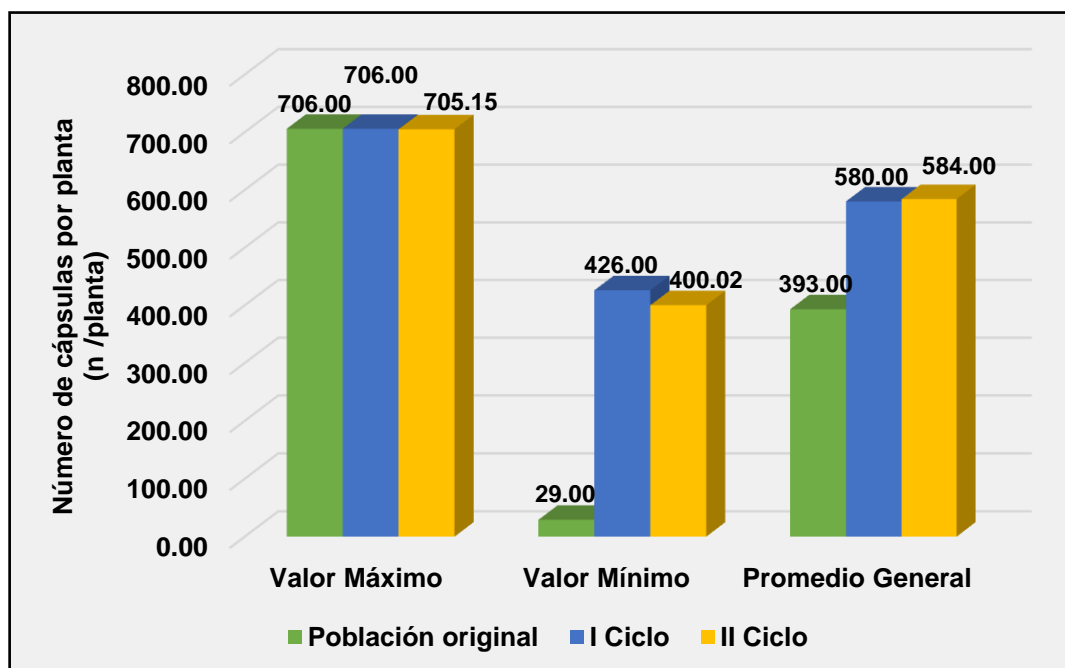
*Correlaciones entre el rendimiento por hectárea y el resto de indicadores cuantitativas en el segundo ciclo de selección masal estratificada de la Accesión Shica empleando el coeficiente de Pearson.*

- <b>Indicador Independiente:</b> Número de cápsulas por planta	- <b>Indicador Independiente:</b> Peso de cáscara
- <b>Variable dependiente:</b> Rendimiento por hectárea	- <b>Variable dependiente:</b> Rendimiento por hectárea
- <b>Coeficiente de Pearson:</b> 0.969053284	- <b>Coeficiente de Pearson:</b> 0.98595694
- <b>Correlación:</b> PERFECTA	- <b>Correlación:</b> PERFECTA
- <b>Indicador Independiente:</b> Peso total de cápsulas	- <b>Indicador Independiente:</b> Diámetro de semillas
- <b>Variable dependiente:</b> Rendimiento por hectárea	- <b>Variable dependiente:</b> Rendimiento por hectárea
- <b>Coeficiente de Pearson:</b> 0.996515179	- <b>Coeficiente de Pearson:</b> 0.374338328
- <b>Correlación:</b> PERFECTA	- <b>Correlación:</b> MEDIA
- <b>Indicador Independiente:</b> Diámetro de cápsulas	- <b>Indicador Independiente:</b> Peso de 100 semillas
- <b>Variable dependiente:</b> Rendimiento por hectárea	- <b>Variable dependiente:</b> Rendimiento por hectárea
- <b>Coeficiente de Pearson:</b> 0.359043909	- <b>Coeficiente de Pearson:</b> 0.541619164
- <b>Correlación:</b> MEDIA	- <b>Correlación:</b> MEDIA

- **Indicador Independiente:** Número de semillas por cápsula
  - **Variable dependiente:** Rendimiento por hectárea
  - **Coefficiente de Pearson:** 0.095308599
  - **Correlación:** NULA
  - **Indicador Independiente:** Peso de semillas
  - **Variable dependiente:** Rendimiento por hectárea
  - **Coefficiente de Pearson:** 0.999713807
  - **Correlación:** PERFECTA
- 
- **Indicador Independiente:** Rendimiento de semillas por planta
  - **Variable dependiente:** Rendimiento por hectárea
  - **Coefficiente de Pearson:** 1
  - **Correlación:** PERFECTA

### 3.1.5.2. Selección de poblaciones mejoradas de sachá inchi - Accesión Mishquiyacu

En las siguientes gráficas se muestran los valores máximos, mínimos y promedio general de 10 indicadores evaluadas en el primer ciclo de selección masal estratificada de la población seleccionada de la Accesión Mishquiyacu de sachá inchi.



*Figura 44:* Valores máximos, mínimos y promedios en la variable número de cápsulas por planta sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Mishquiyacu.

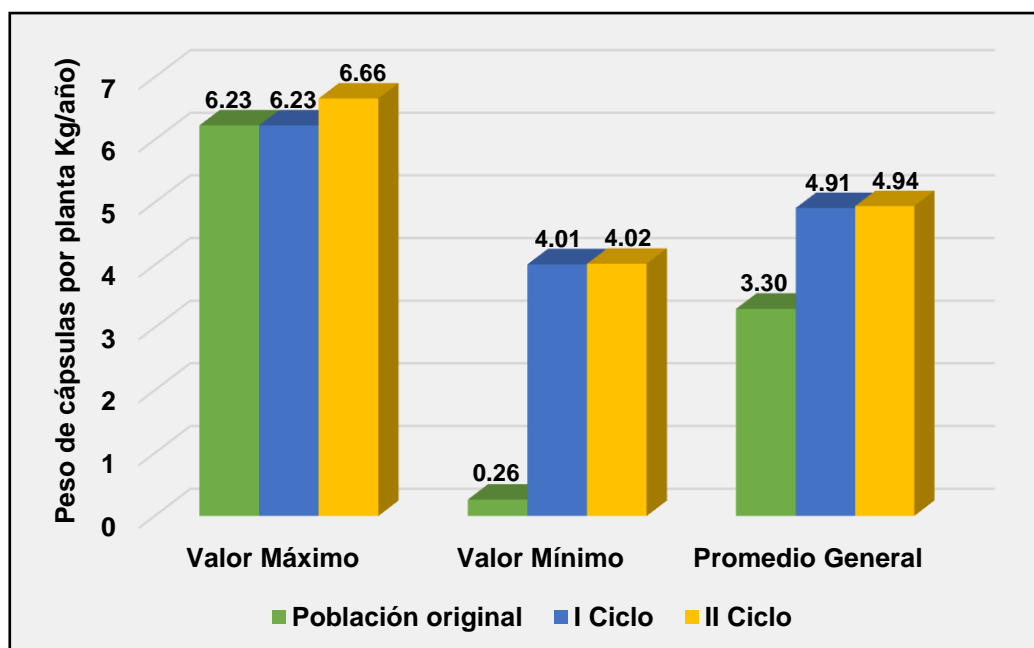


Figura 45: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable peso de cápsulas por planta sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Mishquiyacu.

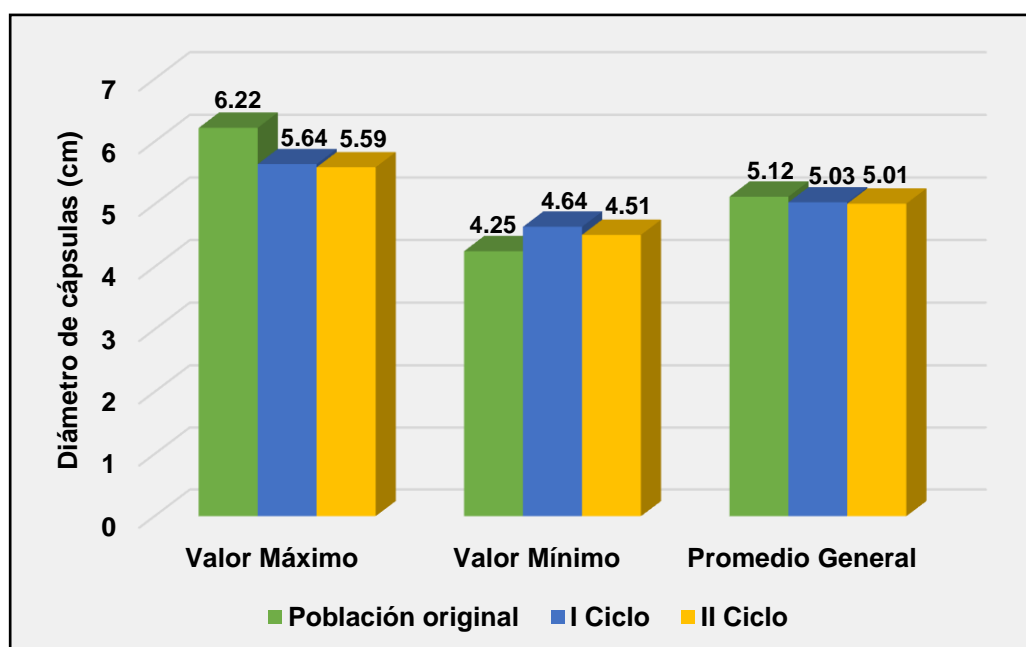


Figura 46: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable diámetro de cápsulas sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Mishquiyacu.

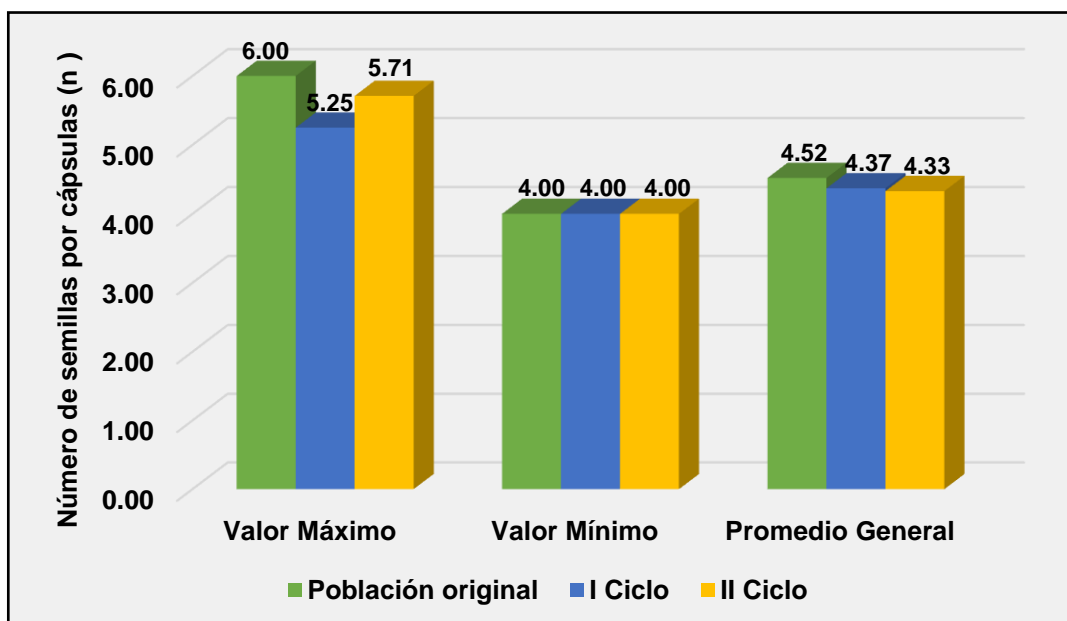


Figura 47: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable número de semillas por cápsulas sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica.

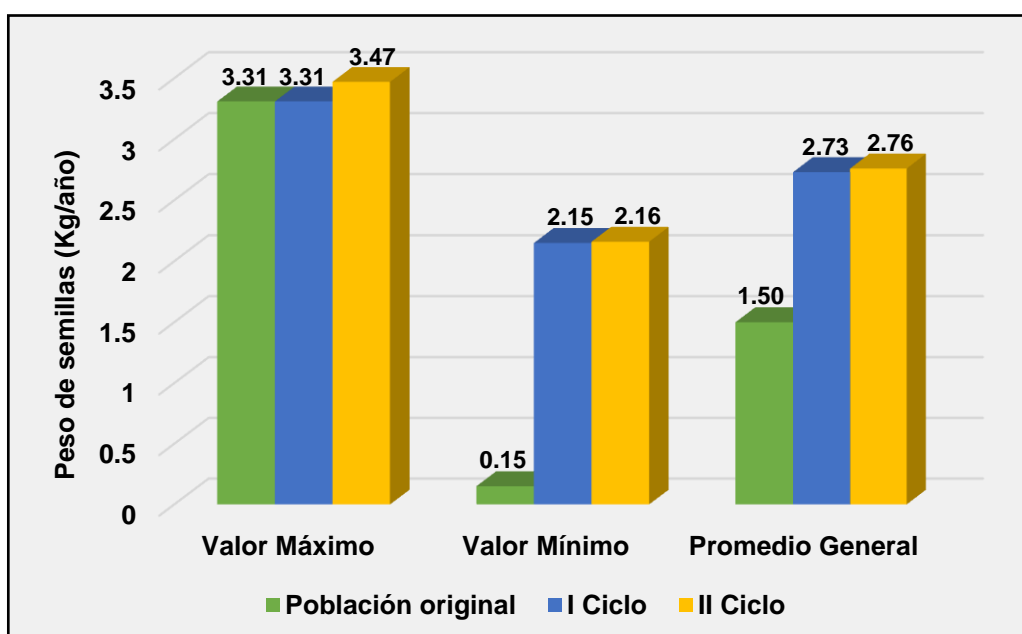


Figura 48: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable peso de semillas sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica.

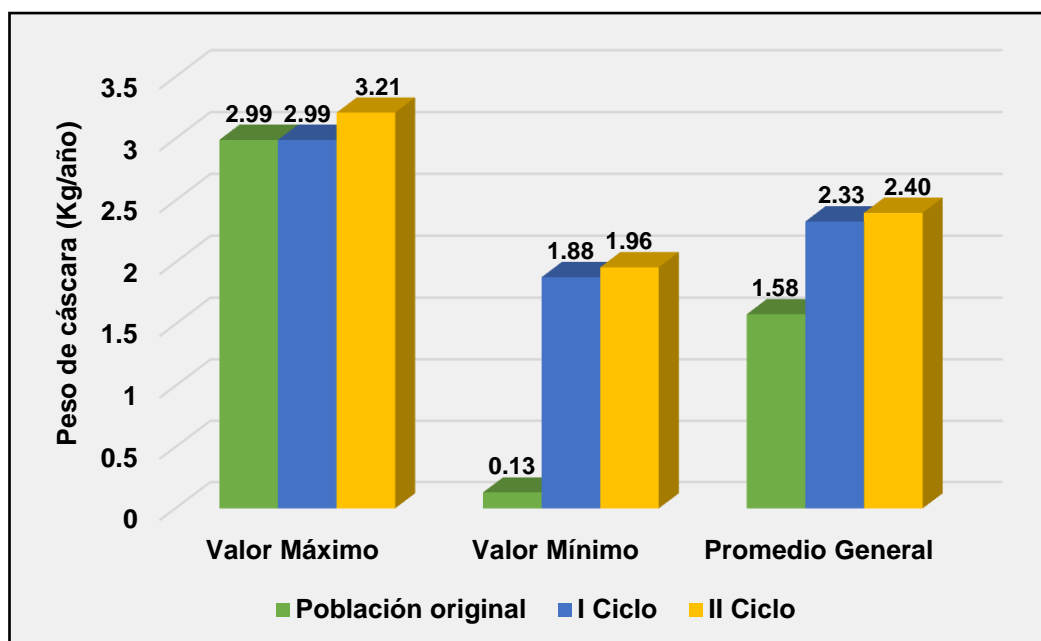


Figura 49: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable peso de cáscara sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica.

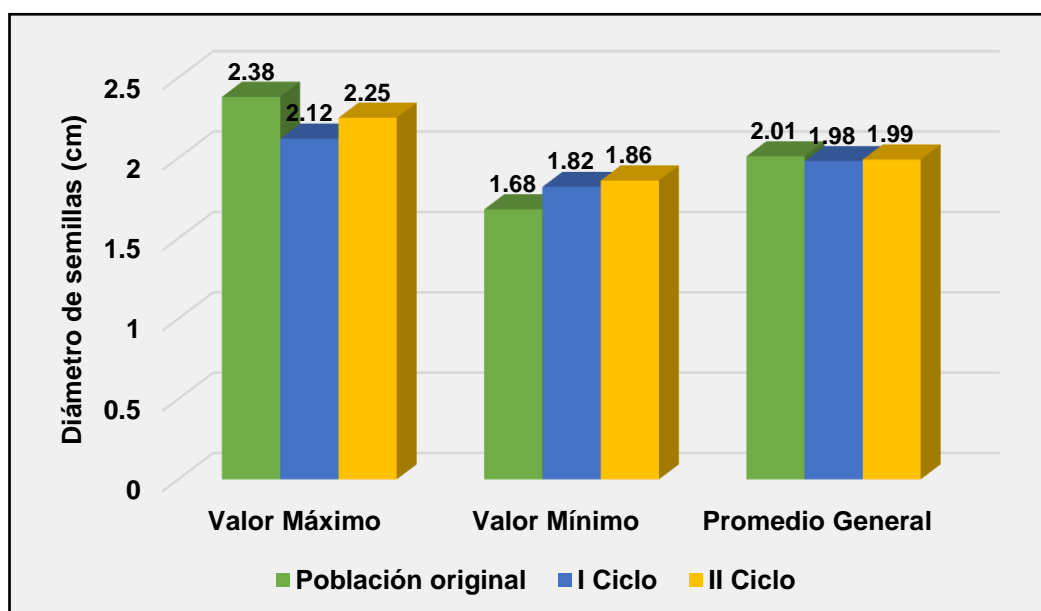


Figura 50: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable diámetro de semillas sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica.

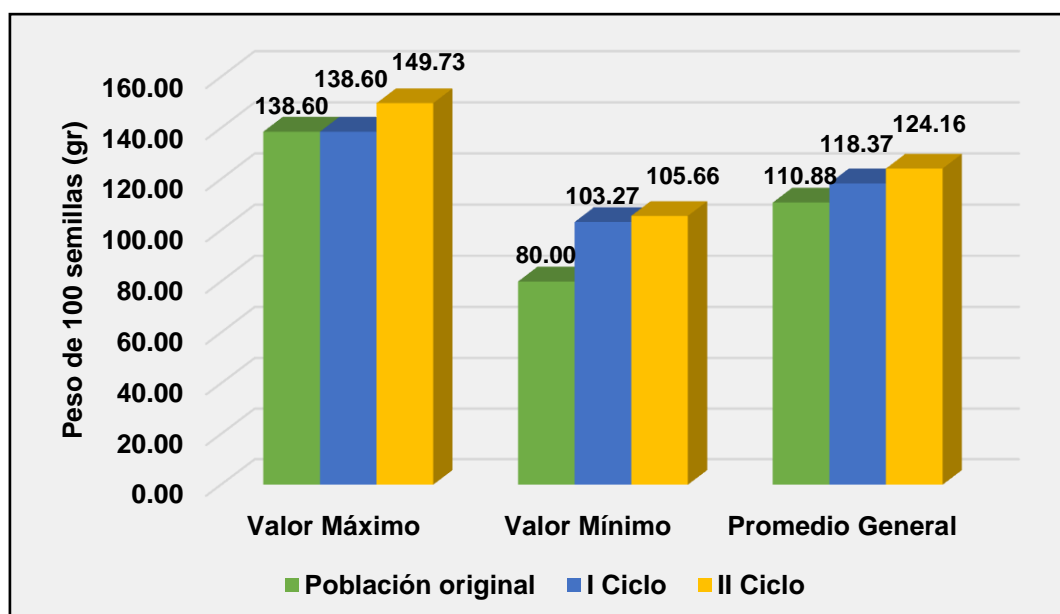


Figura 51: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable peso de 100 semillas sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica.

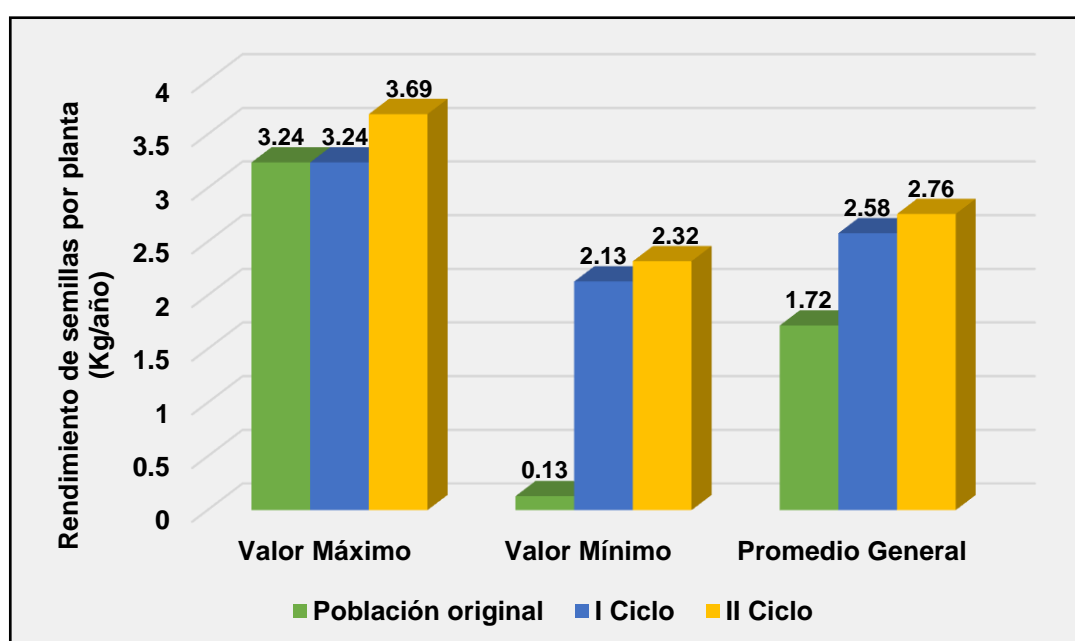


Figura 52: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable rendimiento de semillas por planta sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica.



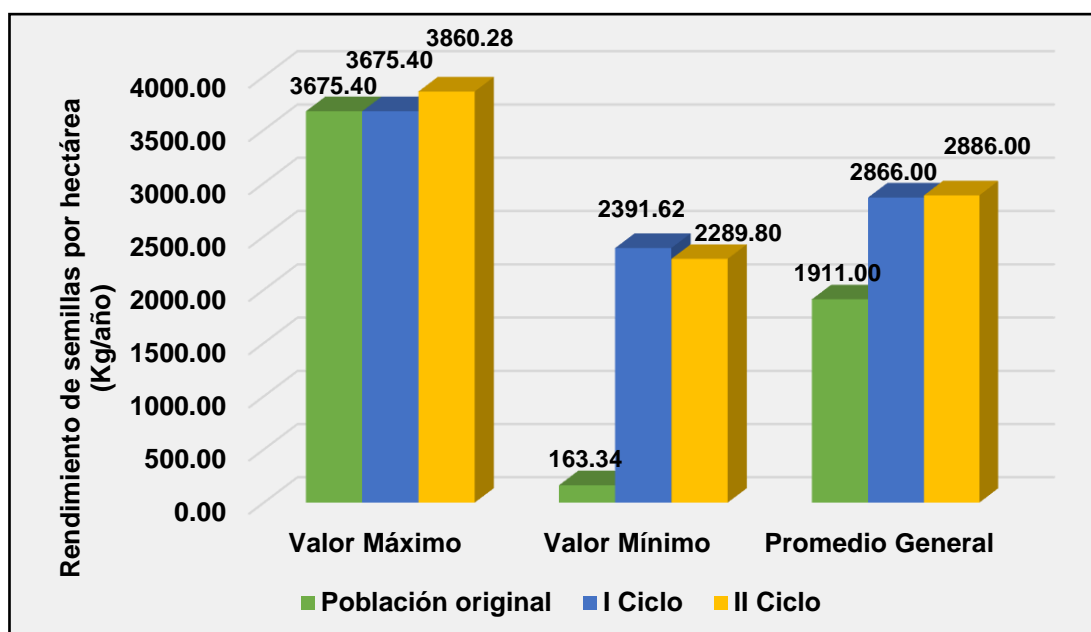


Figura 53: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable rendimiento de semillas por hectárea sometidas al segundo ciclo de selección masal visual estratificada en la Accesión Shica.

Luego de este proceso se seleccionaron las plantas que presentaron mejor rendimiento en cada estrato haciendo un total de 24 plantas seleccionadas en la Accesión Mishquiyacu.

Tabla 13

*Plantas seleccionadas por rendimiento en el segundo ciclo de selección masal estratificada de la accesión Mishquiyacu. Datos ajustados de acuerdo a Molina (1983).*

Rangos de rendimiento	Frecuencia	Plantas seleccionadas
1029.00 – 1234.88	7	E1P13, E2P58, E2P64, E3P12, E3P28, E3P71, E5P24.
1234.88 – 1440.76	13	E1P7, E1P16, E1P48, E1P64, E1P79, E2P57, E2P79, E3P9, E3P42, E4P31, E4P59, E4P60, E5P12.
1440.76 – 1646.64	3	E2P31, E2P62, E3P14.
1646.64 – 1852.52	1	E1P32

**Índice de selección final: 6 %**

Tabla 14

*Correlaciones entre el rendimiento por hectárea y el resto de indicadores cuantitativas en el segundo ciclo de selección masal estratificada de la Accesión Mishquiyacu empleando el coeficiente de Pearson (Cuadro 04).*

- <b>Indicador Independiente:</b> Número de cápsulas	- <b>Indicador Independiente:</b> Peso de cáscara
- <b>Variable dependiente:</b> Rendimiento por hectárea	- <b>Variable dependiente:</b> Rendimiento por hectárea
- <b>Coeficiente de Pearson:</b> 0.9588183	- <b>Coeficiente de Pearson:</b> 0.98584341
- <b>Correlación:</b> PERFECTA	- <b>Correlación:</b> PERFECTA
- <b>Indicador Independiente:</b> Peso total de cápsulas	- <b>Indicador Independiente:</b> Diámetro de semillas
- <b>Variable dependiente:</b> Rendimiento por hectárea	- <b>Variable dependiente:</b> Rendimiento por hectárea
- <b>Coeficiente de Pearson:</b> 0.99302561	- <b>Coeficiente de Pearson:</b> 0.1117547
- <b>Correlación:</b> PERFECTA	- <b>Correlación:</b> BAJA
- <b>Indicador Independiente:</b> Diámetro de cápsulas	- <b>Indicador Independiente:</b> Peso de 100 semillas
- <b>Variable dependiente:</b> Rendimiento por hectárea	- <b>Variable dependiente:</b> Rendimiento por hectárea
- <b>Coeficiente de Pearson:</b> 0.18639187	- <b>Coeficiente de Pearson:</b> 0.31726825
- <b>Correlación:</b> BAJA	- <b>Correlación:</b> MEDIA
- <b>Indicador Independiente:</b> Número de semillas por cápsula	- <b>Indicador Independiente:</b> Rendimiento de semillas por planta
- <b>Variable dependiente:</b> Rendimiento por hectárea	- <b>Variable dependiente:</b> Rendimiento por hectárea
- <b>Coeficiente de Pearson:</b> -0.03078872	- <b>Coeficiente de Pearson:</b> 1
- <b>Correlación:</b> NULA	- <b>Correlación:</b> PERFECTA
- <b>Indicador Independiente:</b> Peso de semillas	
- <b>Variable dependiente:</b> Rendimiento por hectárea	
- <b>Coeficiente de Pearson:</b> 0.99982012	
- <b>Correlación:</b> PERFECTA	

### 3.1.6 Ensayo de tolerancia y/o resistencia al nemátodo del nudo

#### 3.1.6.1 Evaluación del número de nódulos en la Accesión Shica

Tabla 15

*Análisis de varianza para la variable número de nódulos obtenidas en las plantas seleccionadas por rendimiento en el segundo ciclo de selección masal para la Accesión Shica.*

Fuente de Variación	G.L	Suma cuadrado	Cuadrado medio	F. Cal	P-valor
<b>Tratamientos</b>	26	492.85	18.95552	168.4414 **	< 0.0001
<b>Error</b>	108	12.15	0.11253		
<b>TOTAL</b>	134	505.00			
R2= 98 %      C.V.= 5.24 %      PROMEDIO= 43.66 Nod.					

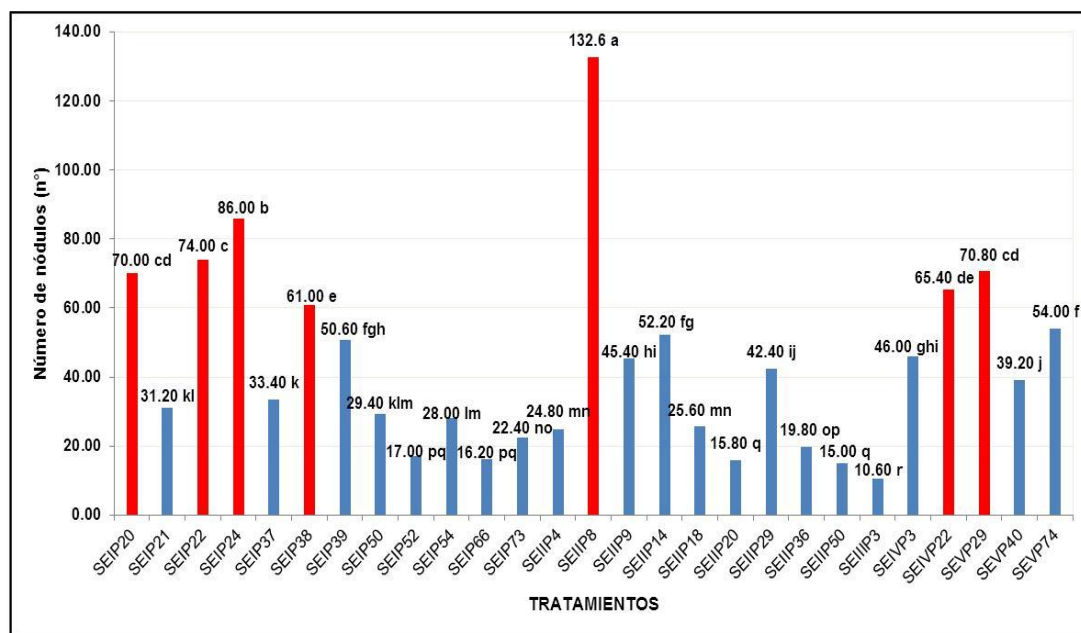


Figura 54: Prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ) para el número de nódulos de las plantas seleccionadas en el segundo ciclo de selección masal en la accesión Shica.

### 3.1.6.2 Evaluación de longitud de raíces en la Accesión Shica

Tabla 16

*Análisis de varianza para la variable longitud de raíces obtenidas en las plantas seleccionadas por rendimiento en el segundo ciclo de selección masal para la Accesión Shica*

Fuente de Variación	G.L	Suma cuadrado	Cuadrado medio	F. Cal	P-valor
<b>Tratamientos</b>	26	514.27	19.77974	53.81270 **	< 0.0001
<b>Error</b>	108	39.70	0.36757		
<b>TOTAL</b>	134	553.97			
R2= 93 %      C.V.= 3.96 %      PROMEDIO= 15.32 m.					

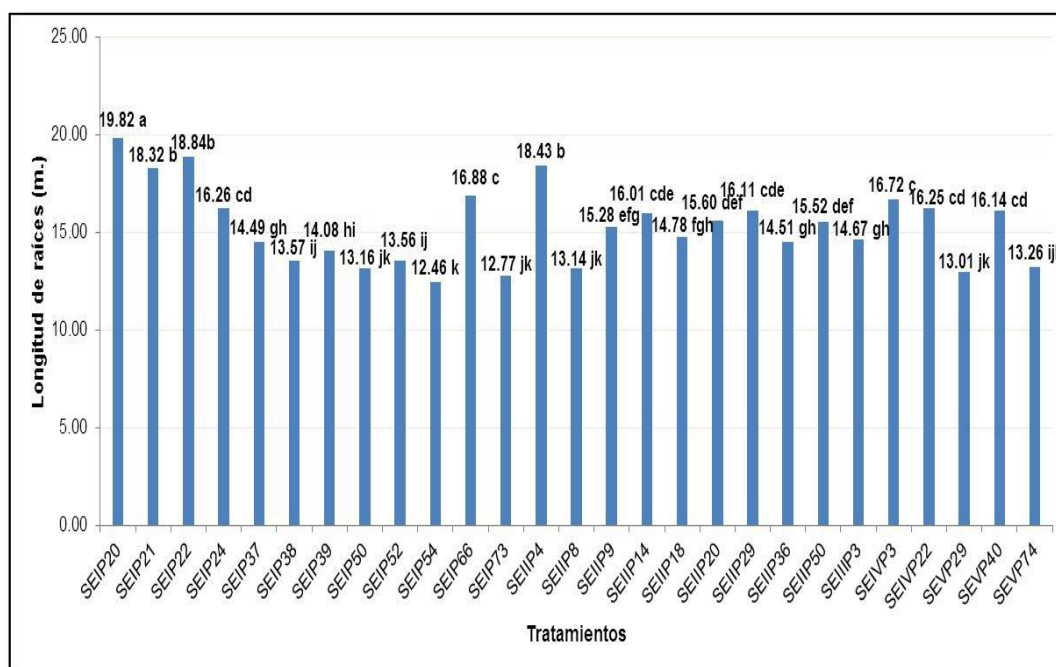


Figura 55: Prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ) para la longitud de raíces de las plantas seleccionadas en el segundo ciclo de selección masal en la Accesión Shica.

### 3.1.6.3 Evaluación del número de nódulos en la Accesoión Mishquiyacu

Tabla 17

*Análisis de varianza para la variable número de nódulos obtenidas en las plantas seleccionadas por rendimiento en el segundo ciclo de selección masal para la Accesoión Mishquiyacu*

Fuente de Variación	G.L	Suma cuadrado	Cuadrado medio	F. Cal	P-valor
<b>Tratamientos</b>	23	251.94	10.95369	95.15773 **	< 0.0001
<b>Error</b>	96	11.05	0.1151108		
<b>TOTAL</b>	119	262.99			
R2= 96 %	C.V.= 5.26 %		PROMEDIO= 42.83 nod.		

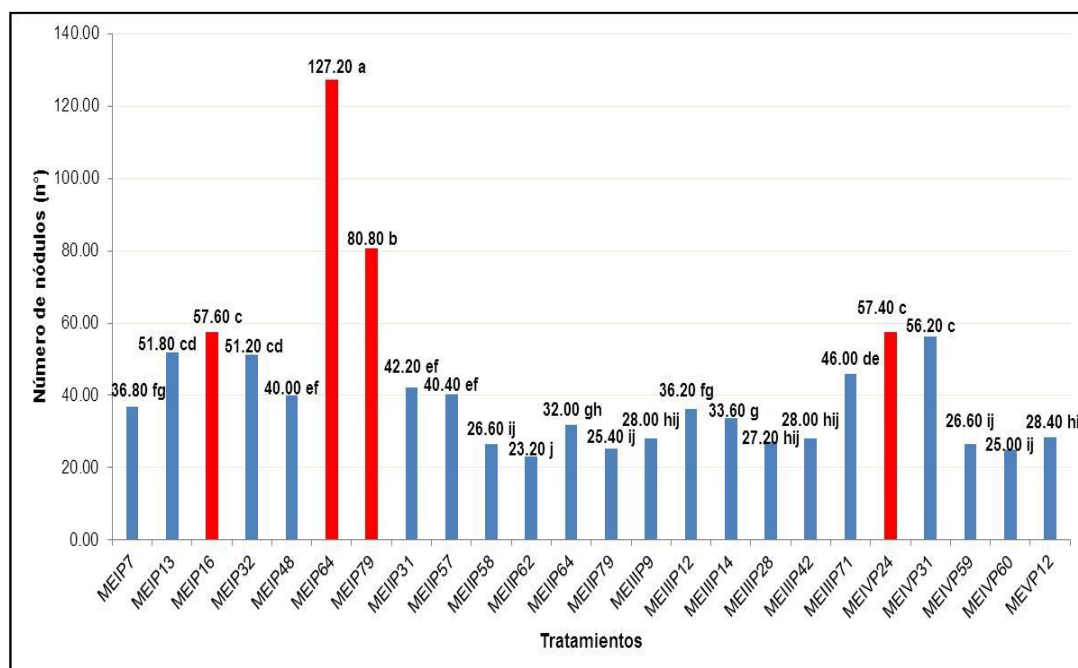


Figura 56: Prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ) para el número de nódulos de las plantas seleccionadas en el segundo ciclo de selección masal en la Accesoión Mishquiyacu.

### 3.1.6.4 Evaluación de longitud de raíces en la Accesión Mishquiyacu

Tabla 18

Análisis de varianza para la variable longitud de raíces obtenidas en las plantas seleccionadas por rendimiento en el segundo ciclo de selección masal para la Accesión Mishquiyacu.

Fuente de Variación	G.L	Suma cuadrado	Cuadrado medio	F. Cal	P-valor
<b>Tratamientos</b>	23	88.28	3.83840	8.16688 **	< 0.0001
<b>Error</b>	96	45.12	0.4699958		
<b>TOTAL</b>	119	133.40			
R2= 66 %		C.V.= 4.51 %		PROMEDIO= 15.22 m.	

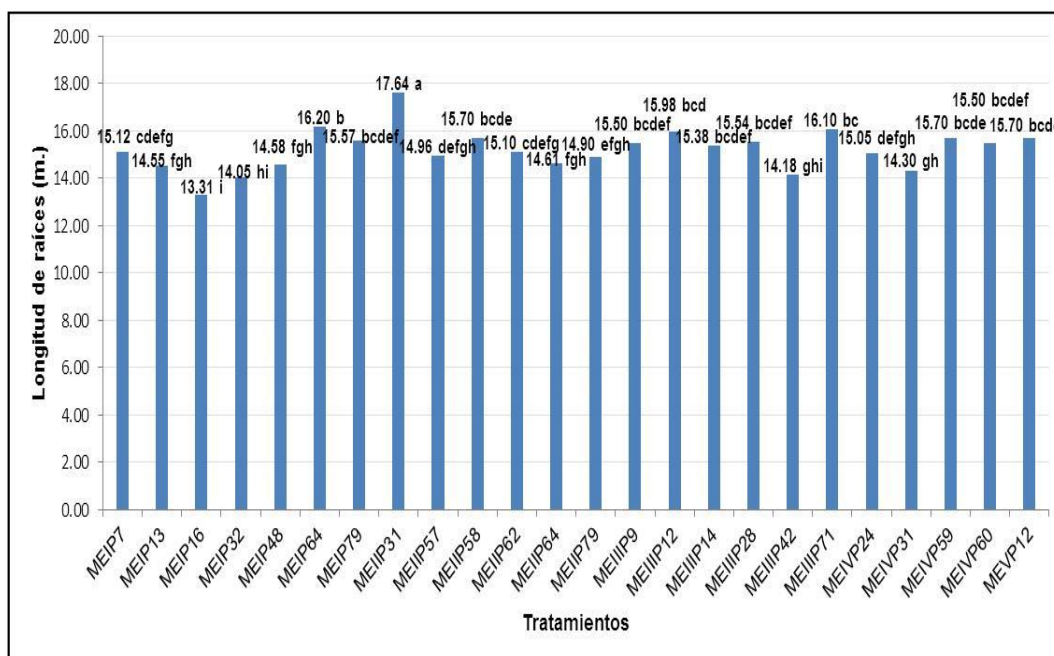


Figura 57: Prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ) para la longitud de raíces de las plantas seleccionadas en el segundo ciclo de selección masal en la Accesión Mishquiyacu.

## 3.2 Discusiones

### 3.2.1 Selección negativa de plantas de sachá inchi para cada accesión

Se realizó la selección negativa a 9.65 % en la accesión Shica y 9.63 % en la accesión Mishquiyacu, eliminando 8 plantas por estrato (Tabla 9) para ello se tuvo en cuenta el estado fisiológico de la planta (vigor, sanidad y altura), (Gardner, 1961), planteó esta metodología, posteriormente a ido modificándose con otros Fitomejoradores pero que no varía en los objetivos el cual es seleccionar las mejores plantas de una parcela sub dividida en estratos.

### 3.2.2 Fenología de las dos accesiones en estudio.

Se realizó las evaluaciones sobre los estadíos fenológicos del cultivo de sachá inchi, en cada una de las accesiones planta por planta.

En la tabla 10, se muestra el periodo fenológico de las dos accesiones en estudio desde el inicio de floración hasta el inicio de cosecha. Siendo la accesión Shica que tuvo un atraso en los dos primeros estadios (79 - 131 d.d.t), respecto a la accesión Mishquiyacu (74 - 124 d.d.t), en los demás periodos fenológicos no existe una diferencia entre las accesiones en estudio, el inicio de fructificación se da a los 125 d.d.t, maduración a los 219 - 221 d.d.t y la cosecha entre los 234 - 236 d.d.t.

Esta información tiene similitud a las evaluaciones hechas en el primer ciclo de selección masal por (Saboya, 2015), donde reporta que la floración se da (60 – 108 d.d.t), la fructificación (100 – 110 d.d.t), la maduración (219 – 220 d.d.t) y el inicio de cosecha (229 – 230 d.d.t).

A su vez (Arévalo, 1995), reporta que el inicio de floración se inicia aproximadamente a los 90 días, el inicio de fructificación a los 120 d.d.t, maduración 205 d.d.t y la cosecha se realiza a los 225 d.d.t, así mismo (Manco, 2006), indica que entre 86 y 139 d.d.t, inicia la floración, fructificación se da entre los 119 a 182 d.d.t y la cosecha se realiza entre los 202 a 249 d.d.t.

### 3.2.3 Selección de poblaciones mejoradas de sachá inchi por rendimiento

#### 3.2.3.1 Selección de poblaciones mejoradas de Sacha Inchi - Acceso Shica

En las (Figuras 34 al 43), se muestran los datos comparativos entre los valores máximos, mínimos y promedio general de 10 indicadores evaluados en el segundo ciclo de selección masal estratificada, representada por todos los datos acumulados de las plantas que lograron alcanzar el proceso de adaptación y las plantas seleccionadas luego de realizar el análisis para la obtención de frecuencias según los rangos establecidos. Los datos muestran que para los valores máximos, mínimos y promedio general existe variación de los resultados, en donde se obtuvo mayores ganancias absolutas en el segundo ciclo de selección, en comparación a los resultados obtenidos en el primer ciclo de selección por (Saboya, 2015), para cada una de los indicadores.

En función al rendimiento, ya que es la variable principal de selección, en el segundo ciclo de selección masal estratificada se alcanzó un promedio general de  $2650 \text{ kg.Ha}^{-1}.\text{Año}^{-1}$ , siendo superior al promedio general que se obtuvo en el primer ciclo de selección masal con un valor de  $2500 \text{ kg.Ha}^{-1}.\text{Año}^{-1}$ , para las plantas seleccionadas.

Para el análisis de la Tabla 12 las correlaciones entre el rendimiento (Variable dependiente) y el resto de indicadores (Independientes), nos muestran que para los valores positivos (PERFECTA), existe relación directamente proporcional indicando que si existió influencia de los indicadores que muestran estos resultados en el rendimiento obtenido (Número de cápsulas, peso total de cápsulas, peso de semillas, peso de cáscara, y rendimiento por planta). Mientras que para las variables con valores negativos y cercanos a cero (NULA, MEDIA Y BAJA), existe una relación indirectamente proporcional; esto quiere decir que el rendimiento no se ve influenciado por los indicadores con estos resultados (Diámetro de cápsulas, número de semillas por cápsulas, diámetro de semillas y peso de 100 semillas).



Estos resultados obtenidos coinciden con los estudios de investigación realizados por (Saboya, 2015), durante el primer ciclo de selección masal visual estratificada en la accesión Shica, quien describe que obtuvo valores positivos (PERFECTA) para los indicadores (Número de cápsulas, peso total de cápsulas, peso de cáscara, peso de semillas y rendimiento por planta) y valores negativos y cercanos a cero (NULA, MEDIA Y BAJA), para los indicadores (Diámetro de cápsulas, número de semillas por cápsulas, diámetro de semillas y peso de 100 semillas).

### **3.2.3.2 Selección de poblaciones mejoradas de Sacha Inchi - Accesión Mishquiyacu**

En las (Figuras 44 al 53), se muestran los datos comparativos entre los valores máximos, mínimos y promedio general de 10 indicadores evaluados en el segundo ciclo de selección masal, representada por todos los datos acumulados de las plantas que lograron alcanzar el proceso de adaptación y las plantas seleccionadas luego de realizar el análisis para la obtención de frecuencias según los rangos establecidos. Los datos muestran que para los valores máximos, mínimos y promedio general existe variación de los resultados, en donde se obtuvo mayores ganancias absolutas en el segundo ciclo de selección, en comparación a los resultados obtenidos en el primer ciclo de selección masal estratificada por (Saboya, 2015), para cada uno de los indicadores a excepción del número de cápsulas por planta.

En función al rendimiento, ya que es la variable principal de selección, en el segundo ciclo de selección masal estratificada se alcanzó un promedio general de  $2886 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ , siendo superior al promedio general que se obtuvo en el primer ciclo de selección con un valor de  $2866 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ , para las plantas seleccionadas.

Para el análisis de la (Tabla 14) las correlaciones entre el rendimiento (Variable dependiente) y el resto de indicadores (Independientes), nos muestran que para los valores positivos (PERFECTA), existe relación directamente proporcional indicando que si existió influencia de los indicadores que muestran estos resultados en el rendimiento obtenido (Número de cápsulas, peso total de cápsulas, peso de semillas, peso de cáscara, y rendimiento por planta).

Mientras que para las variables con valores negativos y cercanos a cero (NULA, MEDIA Y BAJA), existe una relación indirectamente proporcional; esto quiere decir que el rendimiento no se ve influenciado por los indicadores con estos resultados (Diámetro de cápsulas, número de semillas por cápsulas, diámetro de semillas y peso de 100 semillas).

Estos resultados obtenidos coinciden con los estudios de investigación realizados por (Saboya, 2015), durante el primer ciclo de selección masal visual estratificada en la accesión Mishquiyacu, quien describe que obtuvo valores positivos (perfecta) para los indicadores (Número de cápsulas, peso total de cápsulas, peso de cáscara, peso de semillas y rendimiento por planta) y valores negativos y cercanos a cero (NULA, MEDIA Y BAJA), para los indicadores (Diámetro de cápsulas, número de semillas por cápsulas, diámetro de semillas y peso de 100 semillas).

### **3.3 Ensayo de tolerancia y/o al nemátodo del nudo**

#### **3.3.1 Evaluación del número de nódulos en la accesión Shica**

En la Tabla 15, se muestra el análisis de varianza para el número de nódulos obtenidas en las plantas de sachá inchi, indican que existen diferencias altamente significativas entre los resultados para las plantas seleccionadas en el segundo ciclo, además el coeficiente de determinación con un 98 % muestra que el comportamiento y las características propias de las plantas influyen en la infestación de nemátodos. El coeficiente de variabilidad con 5.24 % indican que los valores se encuentran en los rangos aceptables para el estudio (Calzada, 1982). La prueba de discriminación al 95 % de confiabilidad nos muestra que los tratamientos son estadísticamente diferentes, siendo los tratamientos SEIIP8 (132.6 nod), SEIP24 (86 nod), SEIP22 (74 nod), SEVP29 (70.80 nod), SEIP20 (70 nod) y SEIVP22 (65.40 nod) superiores en el número de nódulos frente a los demás tratamientos. El promedio de las 20 plantas seleccionadas con menor número de nódulos tiene como resultado 30.95 nod.

Esto indica que las plantas seleccionadas con un índice del 5% (20 plantas) presentaron tolerancia media frente al parasitismo de *M. incognita* (Figura 53). El

resultado obtenido coincide con los estudios realizados por (Cachique, *et al.*, 2008), quien describe a la accesión como medianamente tolerante. Otros estudios demuestran que la accesión Shica tolera el parasitismo de *M. incognita* con un promedio de 57 nódulos (Márquez *et al.*, 2013), cuyos resultados son mayores a lo obtenido en el presente estudio.

### **3.3.2 Evaluación de longitud de raíces en la accesión Shica**

El análisis de varianza para la longitud de raíces obtenidas en las plantas de sachá inchi en el segundo ciclo de selección, indican que existen diferencias significativas entre los resultados para las plantas seleccionadas (Tabla 16). El coeficiente de variabilidad con 3.96 % indican que los valores se encuentran en los rangos aceptables para el estudio, además el coeficiente de determinación con un 93 % muestra que las características propias de las plantas influyen en la infestación de nemátodos (Calzada, 1982).

La prueba de Duncan al 5 % de confiabilidad muestra que los tratamientos difieren numérica y estadísticamente, siendo el tratamiento SEIP8 (132.6 nod) quien presenta mayor nodulación, uno de las plantas con menor longitud de raíces (13.14 m), el tratamiento SEIP24 (16.26 m), SEIP22 (18.84 m), SEVP29 (13.01 m), SEIP20 (19.82 m) y SEIVP22 (16.25 m) presentaron mayor número de nódulos, estas a su vez muestran longitudes de raíces relativamente bajas superadas por el resto de tratamientos (Figura 54). Estos resultados reportan un comportamiento indirectamente proporcional, esto quiere decir que a mayor número de nódulos menor longitud de raíces.

Otros estudios demuestran que la accesión Shica propagadas por estacas indican que a menor número de nódulos presentan menor longitud de raíces, estos resultados indican que *M. incognita* afecta directamente al sistema radicular del sachá inchi. Es importante indicar que los datos obtenidos para la longitud de raíces es un valor acumulado del total del número de raíces presentes en la planta.

### **3.3.3 Evaluación del número de nódulos en la accesión Mishquiyacu**

Los análisis de varianza para el número de nódulos indican que las plantas de sachá inchi seleccionadas en el segundo ciclo presentan diferencias significativas entre

los resultados (Tabla 17). El coeficiente de variabilidad con 5.26 % indican que los valores se encuentran en los rangos aceptables para el estudio, además el coeficiente de determinación con 96 %, muestra que las características propias de las plantas influyen en la infestación de nemátodos (Calzada, 1982).

Duncan al 5 % de error nos indica que los tratamientos muestran diferencias numéricas y estadísticas, siendo los tratamientos MEIP64 (127.20 nod), MEIP79 (80.80 nod), MEIP16 (57.60 nod) y MEIVP24 (57.40 nod), superiores en el número de nódulos frente a los demás tratamientos. El promedio de las 20 plantas seleccionadas con menor número de nódulos alcanza 42.60 nódulos. Esto indica que las plantas seleccionadas con un índice del 5 % (20 plantas) presentaron tolerancia media frente al parasitismo de *M. incognita* (Figura 55). Márquez *et al.*, (2013), demuestra que la accesión Mishquiyacu tolera el parasitismo de *M. incognita* con un promedio de 56 nódulos, estos resultados son mayores a lo obtenido en el presente estudio.

Estos resultados obtenidos coinciden con los estudios realizados por Cachique, *et al.*, (2008), quien describe a la accesión como altamente tolerante.

### 3.3.4 Evaluación de longitud de raíces en la accesión Mishquiyacu

El análisis de varianza para la longitud de raíces obtenidas en las plantas de sachachi seleccionadas en el segundo ciclo, muestran como resultado que existen diferencias significativas para los promedios obtenidos en la longitud de raíces para las plantas seleccionadas (Tabla 18). El coeficiente de determinación con un 66 % muestra que las características propias de las plantas no influyen en la infestación de nemátodos, además el coeficiente de variabilidad con 4.51 % indican que los valores se encuentran en los rangos aceptables para el estudio (Calzada, 1982).

La prueba de discriminación al 95 % de confiabilidad muestra que los tratamientos difieren numérica y estadísticamente, siendo los tratamientos MEIP64 (16.20 m), MEIP79 (15.57 m), MEIP16 (13.31 m) y MEIVP24 (15.05 m) quienes presentaron mayor número de nódulos, estas a su vez muestran longitudes de raíces medianamente inferiores (Figura 57).

Estos resultados reportan un comportamiento indirectamente proporcional, esto quiere decir que a mayor número de nódulos menor longitud de raíces. Otros estudios demuestran que la accesión Mishquiyacu propagadas por estacas indican que a menor número de nódulos presentan menor longitud de raíces (Márquez *et al.*, 2013); estos resultados indican que *M. incognita* afecta directamente al sistema radicular del sachá inchi. Es importante indicar que los datos obtenidos para la longitud de raíces es un valor acumulado del total del número de raíces presentes en la planta.

## CONCLUSIONES

- Luego del proceso de evaluaciones de los múltiples indicadores comprendidas en la investigación se efectuó la selección de las mejores plantas por rendimiento en cada accesión, quedando 27 plantas en la accesión Shica con una intensidad de selección de 6.75 % y 24 plantas en la accesión Mishquiyacu con una intensidad de selección de 6 %. Además, se obtuvo 2650 kg/ha/Año y 2886 kg/ha/Año en rendimiento en la accesión Shica y Mishquiyacu.
- Finalmente se desarrolló la clasificación de las mejores plantas en rendimiento y tolerancia al nemátodo *Meloidogyne incognita*, seleccionando 20 plantas en la accesión Shica y 20 plantas en la accesión Mishquiyacu.

## RECOMENDACIONES

En función a los resultados presentados en el segundo ciclo de selección masal visual estratificada se puede definir algunos puntos que pueden ser abordados a futuro y así incentivar y continuar con estudios en las demás etapas con la finalidad de obtener una variedad comercial de sachá inchi.

- Continuar el trabajo de investigación con la tercera etapa de selección masal visual estratificada con el propósito de tener una variedad comercial de Sachá inchi en un mediano plazo, así mismo complementar con investigaciones en distintas zonas de la Región San Martín, con las plantas seleccionadas por rendimiento y tolerancia al nemátodo *Meloidogyne incognita*, a fin de buscar respuestas fisiológicas en condiciones no controladas.
- En la etapa del ensayo de tolerancia a nemátodos (*Meloidogyne incognita*) se sugiere evaluar y tener en cuenta más variables como por ejemplo área foliar, altura de plantas, diámetro de tallo, materia seca, entre otros, con la finalidad que la selección de las plantas más tolerantes al nemátodo se realice con mayor precisión y exactitud.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrios, G. N. (1995). “*Fitopatología*”. Pág.734 – 745. Editor UTEHA; 2º Edición; Balderas - México 1995.
- Allar, R.W. (1967). *Principios de la mejora genética de las plantas*. Traducción de la primera edición por José L. Montoya. Ediciones Omega S.A. Barcelona.
- Andrade, H. (1998). *Plan de mejoramiento de papa*. INIAP. PNRT-Papa, FORTIPAPA. Quito Ecuador. 50 pp.
- Aballay, E. (2003). *Evaluación de la Resistencia de Trece Porta injertos de Vid en Meloidogyne spp. en una Viña de Seis Años*. Universidad de Chile. 4 P.
- Cachique, D. (2007). *Avances del sub proyecto “Obtención de líneas mejoradas de sachá Inchi en San Martín”*. Tarapoto, Perú. Programa de Ecosistemas Terrestres. IIAP. 7 pp.
- Cachique, D.; Vásquez, G.; Merino, C.; Sotero, V. (2008). *Avances en identificación de genotipos de “Sachá inchi”, (Plukenetia volubilis L.), con características deseables y sobresalientes*. Reporte técnico. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana IIAP-San Martín. 33pp.
- Cachique, D.; Rodríguez, A.; Ruiz-Solsol, H.; Vallejos, G.; Solis, R. (2011). *Propagación vegetativa del sachá inchi (Plukenetia volubilis L.) mediante enraizamiento de estacas juveniles en cámaras de subirrigación en la Amazonía Peruana*. Folia Amazónica 20 (1-2): 95 - 100. P.
- Chávez, E. (1987). *Nemátodos Fitófagos (Nemátodos Parásitos de la Papa)*. INTA-E. E. A. Balcarce- Laboratorio de Nematología. Argentina. Resumen A-046. 1 P.
- Chávez, A. J. (1995). *Mejora de plantas 2. Métodos específicos de plantas alógamas*. Editorial Trillas S.A. UAAAN. México 142 pp.



Calzada, B. (1982). *Métodos Estadísticos para la Investigación*.

Caswell, E.P., de Frank, J., Apt WJ, Tang C-S (1991). *Influence of nonhost plants on population decline of Rotylenchulus reniformis*. Journal of Nematology 23:91-98. Pp.

Chitwood, B. G (1999). “*Root-Knot nematode. Part I. a revision of the genus Meloidogyne Goeldi*”. Pág. 90 – 104.

Corazón, M.; Castro-Ruiz, D.; Chota-Macuyama, V.; Rodríguez, A.; Cachique, D.; Manco, E.; Del Castillo, D.; Renno, J.F. García-Dávila, C. (2009). *Caracterización genética de accesiones Sanmartinenses de Banco Nacional de Germoplasma de sacha inchi – Plukenetia volubilis L. (E.E. El Porvenir - INIA)*. Folia Amazónica 18 (1-2): 23-31. P.

Coyac R. L., Molina, J., García Z, J. y Serrano C. M. (2013). *La selección masal permite aumentar el rendimiento sin agotar la variabilidad genética aditiva en el Maíz Zacateca 58*. Revista Mexica de Fitotec. Vol. 36 (1): 53-62. P.

Cruz, M. (2013). *Fenología y rendimiento de 5 accesiones de sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) propagado por enraizamiento de estaquillas en la localidad de Bello Horizonte*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú. 68 pp.

Franci, L.J. (1993). *Multivariate analysis of selected edaphic factors and their relationship to Heterodera glycines population density*. Journoaf Nematolog 2 y 5 (2): 270-276.P.

García Z. J., López, J., Molina, J. y Cervantes, T. (2002). *Selección masal visual Estratificada y de familias de medios hermanos en una cruza intervartietal F2 de maíz*. Revista Mexicana de Fitotec. Vol. 25 (4): 387-391. P

Gardner, C.O. (1961). *An evaluation of effects of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yield of corn*. Crop Sci. 1:241-245. P.

- Gilchrist, G. (2005). *Guía Práctica para la Identificación de Algunas Enfermedades de Trigo y Cebada*. Segunda Edición. CIMMYT – México. 48-52 P.
- Hernández, R. (2003). *Los Nemátodos Parásitos de la Piña, Opciones de Manejo*. Departamento de Ecología y Manejo de Plagas Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Habana – Cuba. 5P.
- Jatala, P. (1986). *Nemátodos parásitos de la papa segunda edición*. Centro Internacional de la Papa. Lima –Perú. 6 ,12 P.
- Lunn, J.; Hannah E. (2006). *Theobald. “Nutrición durante el embarazo”. British NutritionFoundation*. 4p.
- Manco, E. (2006). *“Cultivo de Sacha Inchi”*. Estación Experimental Agraria “El Porvenir”, INIEA. Tarapoto. 11 p.
- Márquez D. K., Cayotopa T. J., Arévalo G. E., Vivanco N. U., Arévalo Q. J. (2007). *Diagnóstico y niveles de inóculo del nematodo que afecta a la raíz de sachá inchi (Plukenetia volubilis L.) en el Perú*. Fitopatología Vol. 42. N° 2: 52. P.
- Márquez D. K., Gonzales, R., Arévalo, L., y Solís, R. (2013). *Respuesta de accesiones de sachá inchi Plukenetia volubilis L. a la infestación inducida del nematodo Meloidogyne incognita (Kofoid and White, 1919) Chitwood, 1949. Folia Amazónica Vol. 22. N° 1-2: 97-103. P.*
- Merino, C.; Sotero, V.E; Del Castillo, D.; Vásquez, G.; Cachique, D.; Vásquez-Ocmín, P.G. (2008). *Caracterización química de nueve ecotipos de Plukenetia volubilis L. de los departamentos de Loreto y San Martín*. Folia Amazónica. 17(1-2):39-45. P.
- Molina, J. (1983). *Selección masal visual estratificada en maíz*. Talleres gráficos de la nación. México. 35 pp.
- Nas, L. (1978). *Control de nemátodos parásitos de plantas*. National (3): 243-247. Academy of Sciences. Vol 4. Editorial Limusa. México. 219. P.

- Noriega, H. (2009). *Estudios de compatibilidad de 5 ecotipos promisorios de sachu inchi (Plukenetia volubilis L.) en la región San Martín*. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo – Universidad Nacional de San Martín. 65 pp.
- Norton, D.C. (1989). *Abiotic soil factors and plant parasitic nematode communities*. Journal of Nematology 21: 299- 307. P.
- Ortegón, A. S.; González, J.Q.; Castillo, N. y Hernández, M. (2007). *Respuesta a la selección masal para precocidad, altura de planta y rendimiento de una población de canola (Brassica napus L.)*. Universidad y Ciencia. 23:21-2. P.
- Ponciano, R. (1984). *Selección masal estratificada: Un método sencillo para mejorar los maíces del altiplano*. Guatemala: Editorial ICTA. 2º Edición.
- Ramírez, L. (2006). “*Mejora de plantas alógamas*” Universidad Pública de Navarra – Spain 34 p.
- Rivera C. G. (1999). *Conceptos introductorios a la fitopatología*. [www.book.google.com.pe](http://www.book.google.com.pe)
- Rodríguez, A.; Corazón-Guivin, M.; Cachique, D.; Mejía, K.; Del Castillo, D.; Renno, J.F. García-Dávila, C. (2010). *Diferenciación morfológica y por ISSR (Inter Simple Sequence Repeats) de especies del género Plukenetia (Euphorbiaceae) de la Amazonía Peruana: Propuesta de una nueva especie*. Revista Peruana de Biología 17 (3): 325-330. P.
- Roman, N J. (1978). *Fitonematología Tropical*. Univ. Puerto Rico. Agric. Exp. Sta. Río Piedras. 256 P.
- Ronayne. P., (2000). *Importancia de los ácidos grasos poliinsaturados en la alimentación del lactante*. Arch Argent Pediatr; 98(4): 231-238. P.

- Ruiz-Solsol, H.; Mesén, F. (2010). *Efecto del ácido indolbutírico y tipo de estaquilla en el enraizamiento de sachá inchi (Plukenetia volubilis L.)*. Agronomía Costarricense 34 (2): 259-267. P.
- Saboya, CA. (2015). *“Obtención de dos poblaciones mejoradas de sachá inchi (Plukenetia volubilis L.), con resistencia a Meloidogyne incognita mediante selección masal estratificada a partir de dos accesiones promisorias en la región San Martín”* Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú. 100 pp.
- Sasser, J.N. (1989). *Plant parasitic nematodes: The farmer's hidden enemy*. A cooperative publication of the department of plant pathology and the consortium for international crop protection. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina. 115 P.
- Stirling, G.R. (1991). *Biological control of plant parasitic nematodes*. CAB International. Cap.3. London. 22-45. P.
- Suárez, Z. (1998). *Nemátodos asociados a los frutales de importancia y su control*. II: frutales anuales. 1998 FONAIAP Divulga. 60:38-41. P.
- Talavera, M. (2003).” *Manual de Nematología Agrícola – Introducción al Análisis y al Control Nematológico para Agricultores y Técnicas de Agrupaciones de Defensa Vegetal*”. Institut de Recerca i Formació. agrària i pesquera. Conselleria d’ Agricultura y Pesca de les illes Balears. Pág. 1 – 9. Brasil 2003.
- Torres, L. C (2003). *“Principales Nematodos Fitoparasitarios”* Pág. 1 – 3; Editor SENASA. 1º Edición; Lima - Perú 2003.
- Valiente, AR (1997). *Nemátodos asociados con el cultivo de la piña*. ABC Color Rural, Asunción, Paraguay. Agosto 15 .5 P.
- Van der Wal, A. F. (1994). *Nematology; summary nematology lectures*. En: International course on integrated pest management. Mar 20, Jul 2, P. 25- 29.

## ANEXOS

### Anexo A: Caracterización química de ácidos grasos esenciales (*Omega 3, 6 y 9*) y proteínas de las plantas seleccionadas por rendimiento en los dos ciclos de selección masal visual estratificada.

Caracterización química de aceites esenciales y proteínas de las plantas sometidas a dos ciclos de selección masal en la accesión Shica

<b>ACCESIÓN SHICA</b>	<b>Omega 3 (g/100 g muestra)</b>	<b>Omega 6 (g/100 g muestra)</b>	<b>Omega 9 (g/100 g muestra)</b>	<b>Proteínas (g/100 g muestra)</b>
<b>Población original</b>	23.861	21.477	4.855	26.24
<b>I Ciclo</b>	23.809	19.068	3.688	27.56
<b>II Ciclo</b>	24.167	20.027	4.605	29.14

Fuente: *CERPER 2016*

Caracterización química de aceites esenciales y proteínas de las plantas sometidas a dos ciclos de selección masal en la accesión Mishquiyacu

<b>ACCESIÓN MISHQUIYACU</b>	<b>Omega 3 (g/100 g muestra)</b>	<b>Omega 6 (g/100 g muestra)</b>	<b>Omega 9 (g/100 g muestra)</b>	<b>Proteínas (g/100 g muestra)</b>
<b>Población original</b>	18.817	15.67	3.199	23.82
<b>I Ciclo</b>	21.009	20.568	4.784	27.48
<b>II Ciclo</b>	23.07	21.06	4.697	28.53

Fuente: *CERPER 2016*

## Anexo B: Características de las poblaciones estudiadas en dos ciclos de selección masal visual estratificada

Al finalizar los estudios se realizó el resumen comparativo de las características agronómicas más sobresalientes en los dos ciclos de selección masal estratificada.

Caracterización sobresalientes para las poblaciones mejoradas en dos ciclos de selección masal estratificada para la Acceso Shica

VARIABLES	INDICADORES	POBLACIÓN ORIGINAL	PRIMER CICLO	SEGUNDO CICLO
Características agronómicas	Hábito de crecimiento	Trepador	Trepador	Trepador
	φ Cápsula	4.83 cm	4.89 cm	5.80 cm
	φ Semilla	1.89 cm	1.91 cm	2.03 cm
	% Cáscara	48	46	48
	% Semilla	52	54	52
	Peso 100 semillas (g)	106.80 g	117.06 g	131.96 g
	N° cosechas/año	24	24	24
	Rendimiento	1500 kg/Ha/Año	2500 kg/Ha/Año	2650 kg/Ha/Año
Resistencia a	<i>Meloidogyne incognita</i>	Tolerancia intermedia	Tolerancia intermedia	Tolerancia intermedia
Aceites Omega (g/100 g muestra)	Omega 3	23.861	23.809	24.167
	Omega 6	21.477	19.068	20.027
	Omega 9	4.855	3.688	4.605
Contenido de	Proteínas (g/100 g muestra)	26.24	27.56	29.14

Fuente: *Elaboración propia 2016*

Caracterización sobresalientes para las poblaciones mejoradas en dos ciclos de selección masal estratificada para la Accesión Mishquiyacu.

VARIABLES	INDICADORES	POBLACIÓN ORIGINAL	PRIMER CICLO	SEGUNDO CICLO
Características agronómicas	Hábito de crecimiento	Trepador	Trepador	Trepador
	φ Cápsula	5.12 cm	5.03 cm	5.01 cm
	φ Semilla	2.01 cm	1.98 cm	1.99 cm
	% Cáscara	51	46.3	46.5
	% Semilla	49	53.7	53.5
	Peso 100 semillas (g)	110.88 g	118.37 g	124.16 g
	N° cosechas/año	24	24	24
	Rendimiento	1911 kg/Ha/Año	2866 kg/Ha/Año	2886 kg/Ha/Año
Resistencia a	<i>Meloidogyne incognita</i>	Tolerancia intermedia	Tolerancia intermedia	Tolerancia intermedia
Aceites Omega (g/100 g muestra)	Omega 3	18.17	21.009	23.07
	Omega 6	15.67	20.568	21.06
	Omega 9	3.199	4.784	4.697
Contenido de	Proteínas (g/100 g muestra)	23.82	27.48	28.53

Fuente: Elaboración propia (2016).

